

Sedimentolojik ve tektonik yorumlamada kumtaşı petrolojisinin kullanımı : ABD'nin kuzeydoğusundan bîr örnek

The usage of sandstone petrology in sedimentologic and tectonic interpretation : an example from northeastern USA

TALAT ÖZBEK, MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdleri Dairesi, Ankara.

KELVIN S. RODOLFO, University of Illinois at Chicago, Department of Geological Sciences, USA.

ÖZ: Pennsylvania ve New Jersey'deki Orta ve Üst Ordovisiyen yaşlı Martinsburg Formasyonu'nun orta Ramseyburg grovak üyesi, çökel ortamı ve beslenme alanı evrimini açıklamak ve levha tektoniği çerçevesinde jeodinamik konumunu tartışmak amacıyla incelenmiştir. Martinsburg mostra kuşağı boyunca -220 km.lik bir uzanım içerisinde- yedi örnek bölgesinden toplam olarak 48 adet örnek bu amaçla toplanmıştır. Bu örnekler monokristalin ve polikristalin kuvars, volkanik ve sedimenter litik parçalar, plajiyoklas ve K-feldispat gibi detritik bileşenleri açısından değerlendirilmiştir. Her kumtaşı ince kesitinde bu bileşenler için toplam 500 adet nokta sayımı yapılmış olup bunlar model üçgen diyagramlara yerleştirilmiştir. Farklı tektonik konumlarda oluşmuş 200'e yakın havzadan elde edilen analitik veriler üçgen diyagramlara yerleştirilmiştir. Farklı tektonik konumlarda oluşmuş 200'e yakın havzadan elde edilen analitik veriler üçgen diyagramlarda değişik bölgelerle temsil edilmektedir. Bundan dolayı tektonik ile kumtaşı petrolojisi arasında doğrudan bir ilişki kurulmaktadır.

Bu şekilde elde edilen verilerin ışığında Martinsburg türbiditleri daha baskın olan yeniden işlenmiş orojenik ve daha az yaygın kratonik olmak üzere iki ana beslenme alanının varlığını göstermektedir. Havzanın güneybatı bölümü baskın olarak Geç Kambriyen/Erken Ordovisiyen yaşlı tortul örtüden beslenmiş olup, kuzeydoğu bölümü ise, kırıntılarının çoğunu sedimenter örtü aşındıktan sonra yüzeyleşmiş olan ve Kuzey Amerika'nın temelini oluşturan granitik ve gnaysik plütonlardan alarak beslenmiştir. Bazaltik kırıntıların azlığı veya yokluğu bu sedimanlar için volkanik yay beslenme alanının baskın kaynak olmadığını göstermektedir.

Martinsburg çökel ortamı ve beslenme alanlarının evrimi Kuzey Amerika kratonunun, Prekambriyen riftleşmesinden kalan bir ada yayı veya bir kıtacı ile çarpışmasını gerektiren bir plaka tektoniği modeli ile açıklanmaktadır. Önerilen bu tektonik model Hamburg klip'inin (allokton bir birim) ve mostra kuşağı boyunca bazı yerlerde Martinsburg Formasyonu'nun tabanında görülen ince volkanik kül katmanları ve yastık lavların yerleşimi hakkında yeni yorumlar getirmektedir.

ABSTRACT: The Ramseyburg middle graywacke member of the Middle to Upper Ordovician Martinsburg Formation of Pennsylvania and New Jersey was analyzed petrologically in order to identify its provenances, with a view toward reconstructing the basinal and source-area evolution in a plate tectonic context. A total of 48 samples were studied, taken from seven localities along the Martinsburg outcrop belt, which extends for 220 km. These samples were analyzed for the following detrital grains: monocrystalline quartz, polycrystalline quartz, volcanic and sedimentary lithic fragments, plagioclase, and potassium feldspar. On each thin section, 500 points have been counted for these grains and been placed in triangular modal diagrams. Analytic data obtained from 200 basins which are formed by different tectonic regimes are represented by various parts of triangles. Therefore the relationship between tectonics and sandstone petrology are set up directly.

Analyzed data reveal that the Martinsburg turbidites had two provenances: a more dominant recycled orogenic and a subordinate cratonic interior. The southwestern portion of the basin was dominantly fed by reworked Late Cambrian/Early Ordovician sedimentary cover, and the northeastern part of the basin received its elastics from granitic and gneissic plutons of the North American basement that were exposed after the sedimentary cover was eroded. The rarity of predominantly basaltic detritus in the Martinsburg graywackes indicates that the arc provenance was not the prime source for these sediments.

The evolution of the Martinsburg basin and its source areas is accounted for by a plate tectonic model which requires the collision of the North American craton with an island arc or microcontinent left from Precambrian rifting. This proposed tectonic model provides additional insights regarding the emplacement of the Hamburg klippe, and of pillow basalts and thin volcanic ash layers present elsewhere along the outcrop belt at the base of the Martinsburg Formation.

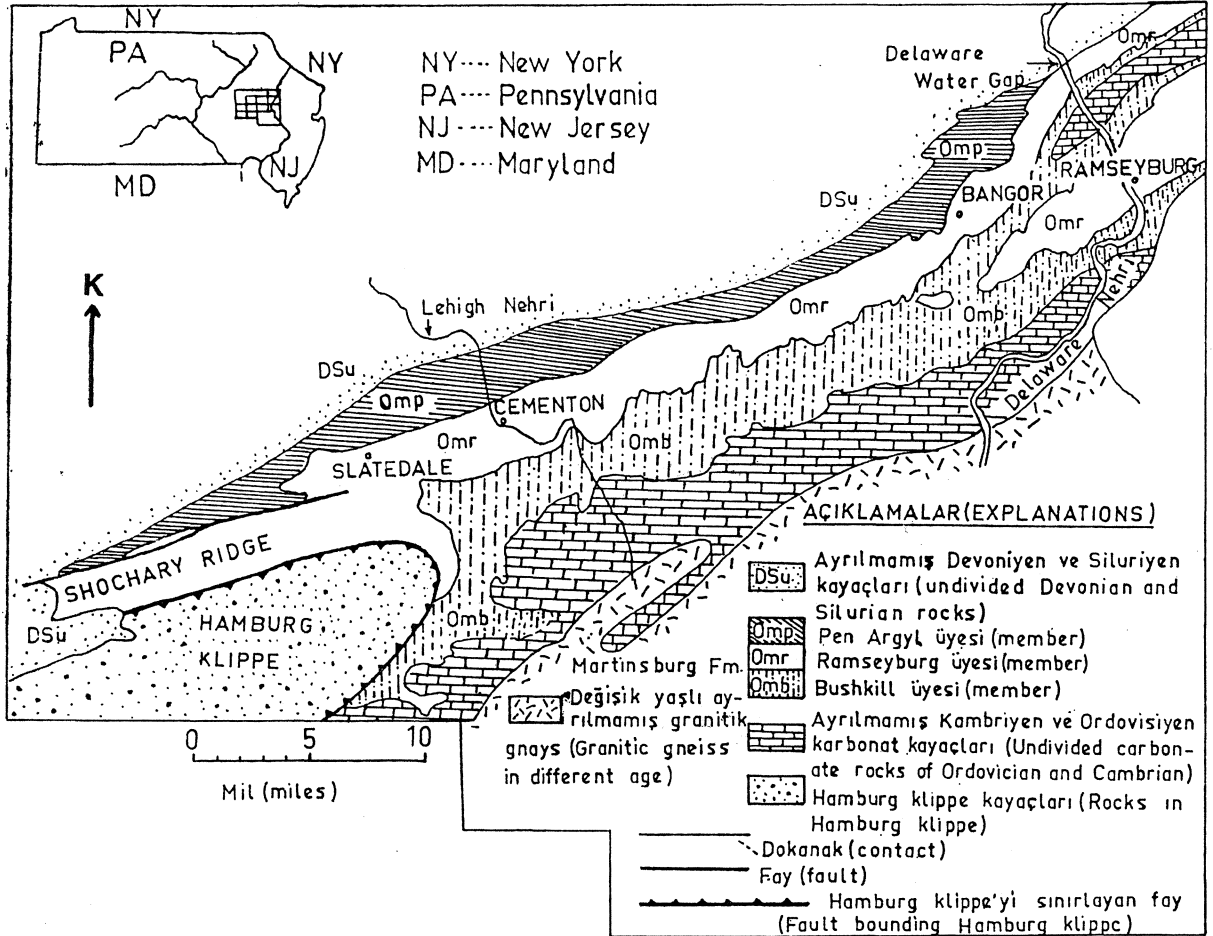
GİRİŞ

Bu araştırma, orta ve doğu Pennsylvania'da Takonik klastik kamasının bir bölümündeki Orta/Üst Ordovisiyen yaşlı **Martinsburg** Formasyonu'nun beslenme alanlarını tanımlamak ve formasyonun ortasında yer alan **Ramseyburg** grovak biriminin petrolojik özelliklerinden yararlanılarak sahanın plaka tektoniği evrimini açıklayabilmek amacıyla ele alınmıştır.

Orta ve Üst Ordovisiyen'de derin denizde çökelmiş bir fliş olan **Martinsburg** Formasyonu, doğu Pennsylvania'nın Büyük Vadi'sinin kuzey tarafı boyunca yüzeyleşmiş olup güneyde **Maryland**, **West Virginia** ve **Virginia**'ya ve kuzeyde **New Jersey** ve **New York**'a kadar uzanır (Şekil 1). **Martinsburg** Formasyonu çalışma sahasının hem kuzeydoğusuna ve hem de güneybatısına doğru Takonik klastik kamasının büyük bir bölümünü oluşturduğundan bu çalışma için özellikle seçilmiştir. Bu formasyonu üstleyen ve Takonik orojeninin en hızlı dönemlerinden birisine karşılık gelen Erken Siluriyen yaşlı **Shawangunk** For-

masyonunda da sınırlı bir araştırma yürütülmüştür. Buna rağmen **Shawangunk** ve eş zamanlı formasyonlar hakkında bu yazıda tartışılan verilerin çoğu literatürden derlenmiştir (Yeakel, 1962; Smith, 1967).

Çalışma sahasındaki stratigrafik istif; beyaz-gri renkli, bol miktarda sığ denizel fosil içeren **Beekmantown** kireçtaşları ile başlamakta olup bunlar yöresel olarak çimento kayası (cement rock) olarak isimlendirilen koyu gri-siyah renkli **Jacksonburg** killi kireçtaşları tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Şekil 2). **Jacksonburg** kireçtaşları **Beekmantown** kireçtaşlarının alt seviyelerine ait çakıllar içermektedir. Bu birim üzerine alttan üste doğru sırasıyla **Martinsburg** Formasyonu'nun en yaşlı üyesi olan ve ince kumtaşı tabakaları içeren şeyi birimi (**Bushkill** üyesi), ince ve kaim tabakalı grovaplardan oluşan ve yer yer şeyi içeren orta grovak birimi (**Ramseyburg** üyesi) ve en üstte de sleyt birimi (**Pen Argyl** üyesi) gelmektedir (Şekil 1). Orta ve doğu Pennsylvania'da, bu formasyon üzerine gelen ve bazı çalışmacılar tarafından **Martinsburg**'un en üst üyesi olduğu şeklinde yo-



Şekil 1 : Doğu Pennsylvania ve New Jersey'de Martinsburg Formasyonu'nun yayılımını ve Hamburg klip'inin doğu kesimini gösteren genelleştirilmiş bölgesel jeoloji haritası (Drake ve Epstein, 1967 ve Epstein ve diğerleri, 1972'den değiştirilmiştir).

Figure I : Generalized regional geologic map showing the eastern part of the Hamburg klippe and the distribution of the Martinsburg Formation in eastern Pennsylvania and New Jersey (modified from Drake and Epstein, 1967 and Epstein and others, 1972).

rumlanan **Shochary Rîdge** kumtaşları yer almaktadır. Bunlar sıg denizel fosil içermeleri ve oldukça kaba taneli olmaları nedeniyle **Martinsburg** grovaklarından ayrılırlar. Mostra kuşağı boyunca **Martinsburg** Formasyonu, açılmal bir uyumsuzlukla Erken Siluriyen yaşlı **Shawangunk** ve Geç Ordovisiyen yaşlı karasal **Bald Eagle** ve **Juniata** formasyonları tarafından üstlenmektedir (Yeakel, 1962; Smith, 1967) (Şekil 1).

Bu çalışma devam ederken Shanmugam ve Lash (1982) tarafından bu formasyonun ilk olarak plaka tektoniğindeki jeodinamik anlamı tartışılmış ve bir model önerilmiştir. Buna rağmen, bu model Takonik allokonların yerleşimini ve **Martinsburg** Formasyonu ile üstüne gelen **Shawangunk** ve diğer Erken Siluriyen formasyonları arasındaki uyumsuzluğu açıklamakta yetersiz kalmıştır. Aynı şekilde Martinsburg Formasyonu'nun tabanındaki yastık lavların ve ince volkanik kül katmanlarının (McBride, 1962) yerleşimini de açıklayamamaktadır.

Martinsburg Formasyonuna ait şeyi ve grovaklar değişik çalışmacılar tarafından türbidit olarak yorumlanmıştır. Diğer derin deniz çökellerindeki gibi yaygın sedimanter yapı ve dokuların varlığı, güncel derin deniz kırmızı killere benzer kırmızı seyilerin olması, radyolaryalı çörtlerin oluşması ve sıg deniz çökellerindeki yapıların ve organizmaların yokluğu derin deniz türbidit kökenini desteklemek için ileri sürülen verilerdir (McBride, 1962; McIver, 1970).

Özellikle şeyi biriminde görülen karmaşık kıvrım ve faylanmadan dolayı **Martinsburg** Formasyonu'nun gerçek kalınlığı bilinmemektedir. Buna rağmen formasyonun kalınlık tahminleri 1000 ile 3000 m arasında değişmektedir.

Martinsburg flîşi içerisinde veya üzerinde bulunan allokon birimleri açıklamak için değişik görüşler bulunmaktadır. Bunlar arasında **Hamburg** klip'ini ve **Shochary Ridge** kumtaşlarının tektonik konumunu açıklayan farklı görüşleri saymak mümkündür.

Bu çalışma, **Martinsburg** Formasyonu'nun mineralojik ve petrolojik özellikleri ile ilgilenebilir. Daha sonra bu veriler **Martinsburg** çökel ortamı ve beslenme alanlarının jeodinamik evrimi hakkında levha tektoniği kapsamında yorumlar geliştirmektedir.

BÖLGESEL JEODİNAMİK VERİLER

Takonik orojeni

Ordovisiyen'de Kuzey Amerika'nın en önemli jeolojik olayı Takonik orojenin varolmasıdır (Rodgers, 1970; King, 1977; Williams ve Max, 1980 ve Van der Voo, 1982). Orta ve Geç Ordovisiyen yaşlı Takonik orojeni, güncel plak tektoniği açısından yeniden incelenerek yorumlanmıştır (Bird ve Dewey, 1970; Rowley ve Kidd, 1981; Taylor ve Toksöz, 1982; Van der Voo, 1982). Genelde Kuzey Appalaşlar'da toplanmış olan bu çalışmalar zengin ve ayrıntılı paleocoğrafik yorumlar getirmiştir.

Genel olarak çalışmacıların çoğu Takonik orojenin, Kuzey Amerika kıtası ile bir ada yayının (Chappie, 1973; Dickinson ve diğerleri, 1983), veya Prekambriyen riftleşmesinden kalan bir mikrokıta-

mn çarpışmasından ortaya çıktığı görüşünü paylaşmaktadırlar (Taylor ve Toksöz, 1982). Colman-Sadd (1982) e göre, bir kıta-kıta çarpışması normal olarak iki orojeneze neden olur; ilki ofiyolit bindirmesi ile başlarken, sonraki metamorfizma, granit sokulumu ve sık sık gözlenen yaygın deformasyonla belirginleşir. Colman-Sadd (1982), kıtasal çarpışma evrelerini, plaka hareketlerini kontrol eden kuvvetlere bağlı olarak açıklamıştır: Bunlar; 1) dalan kabuğun aşağıya çekme kuvveti, 2) daha az etkili olarak, orta okyanus sırtlarının açılmasına bağlı gelişen okyanus al kabuğun yayılma kuvvetidir.

Düşey kaldırma kuvvetlerine bağlı olarak gelişen orojen, dalma-batma zonundaki plakaların birbiri üzerine geldiği dar kuşak boyunca yoğunlaşmıştır (Kopp, 1981). Kıtasal kabuğun kaldırma kuvveti, dalan okyanusal kabuğun ve diğer kontrol eden kuvvetlerin negatif kaldırma kuvvetlerini dengeler ve bu nedenle plaka hareketi durdurulur. Kıtasal kabuğun eklenmesi ve dalma-batmanın yenilenmesi kabuksal kısalmaya neden olmaktadır (Miyashiro ve diğerleri, 1982). Kabuk eklenmeden kaldığı sürece, litosfer bir bütün olarak dalma-batma olayı ile kısalmakta olup kıtasal kabuk çarpışma zonuna girer girmez dalma-batma olayı son bulmaktadır (Miyashiro ve diğerleri, 1982; Colman-Sadd, 1982).

Orojenik olaylara doğru yaş verilebilmesi gerçek tektonik modellerin yapımı için gereklidir. **Martinsburg** Formasyonu ile **Shawangunk** Formasyonu arasındaki uyumsuzluk ana bir deformasyon olayının

APPALAŞLARDA TAKONİK OROJENİ (TACONIC OROGENY IN APPALACHIANS)			
SİST. (SYST.)	K. AMERİKA SERİLERİ (N. AMERICAN SERIES)	K. AMERİKA KATLARI (N. AMERICAN STAGES)	MARTINSBURG HAYZA. (MARTINSBURG BASIN)
ORDOVİSİYEN (ORDOVICIAN)	MEDİNEN (MEDINAN)	ALEKSANDRİYEN (ALEXANDRIAN)	SHAWANGUNK FORM. (SHAWANGUNK FM.)
	SİNSİNATİYEN (SINCNATIEN)	RİÇMONDİYEN (RICHMONDIAN)	Shochary Ridge
		MEYSVİLLİYEN (MAYSVILLIAN)	Pen Argyl Üyesi
	ÇAMPLANİYEN (CHAMPLAINIAN)	EDENİYEN (EDENIAN)	Ramsayburg Üyesi
		SARMANİYEN (SHERMANIAN)	Bushkill Üyesi
		KÖRKİLDİYEN (RİRKİDİYEN) (ROCKLANDİYEN (ROCKL.))	JACKSONBURG KÇELİSİ
		BLEKRİYERİYEN (BLACKRIVERIAN)	BEEKMANTOWN GRUBU (GR.)
	GEZYEN (CHAZYAN)		
	VAYTRİYEN (WHITEROCKIAN)		

Şekil 2 : Appalaşlar'da Takonik orojeni'nin süresini ve Martinsburg Formasyonu'nu gösteren genelleştirilmiş stratigrafik kesit (Shanmugam ve Lash, 1982; Taylor ve Toksöz, ** 1982 ve Dickinson ve diğerleri,* 1983'den derlenmiştir).

Figure 2 : Generalized stratigraphic column showing the Martinsburg Formation and duration of the Taconic Orogeny in Appalachians (compiled from Shanmugam and Lash, 1982; Taylor and Toksöz, ** 1982; and Dickinson and others,* 1983).

kanıtı olarak yorumlanmaktadır. Bu deformasyon olayının varlığını kum t aşlarının petrolojik etüdüleriyle de kanıtlamak olasıdır. Beslenme alanındaki koşulların değişmesi Geç Ordovisiyen ve Erken Siluriyen zamanında ana bir tektonik olayın varlığını kuvvetli bir şekilde desteklemektedir. Çünkü dokusal olarak olgun olmayan Martinsburg grovakları, aynı çökel ortamında, zamanla dokusal olarak yarı olgun **Shawangunk** ve süper derecede olgun Tuscarora kum* taşlarının çökeline olarak vermiştir.

KITAÖNÜ HAVZA GELİŞİMİYLE İLGİLİ GÖRÜŞLER

Kitaönü (önülke) havzaları yaygın olarak kitaönü bindirme kuşaklarının kratonik taraflarına doğru uzanan uzun çökel ortamları olarak tanımlanmaktadır. Kitaönü havzaların ayrıntılı bir sınıflandırması Beaumont (1981) tarafından yayımlanmışsa da, Dickinson (1974)'ün daha basit ve geniş olarak kabul edilen kullanımı bu çalışma için uygun görülmüştür. Kitaönü havzaların iki uç tipi tamamen değişik tektonik ortamlarda oluşurlar. Yaygerisi (retroarc) havzalar (Şekil. 3A) magmatik yaylara komşu olan kitaönü bindirme kuşaklarının kratonik tarafında, oluşurken, dış/çevre (peripheral) havzalar (Şekil. 3B) kenetlenme zonlarına komşu olan kitaönü bindirme kuşaklarının yanında oluşmaktadır. Yaygerisi havzalar okyanusal kabuğun kıta altına normal dalması sırasında gelişirken, dış (çevre) havzalar kıtasal çarpışma sonucu oluşmaktadır.

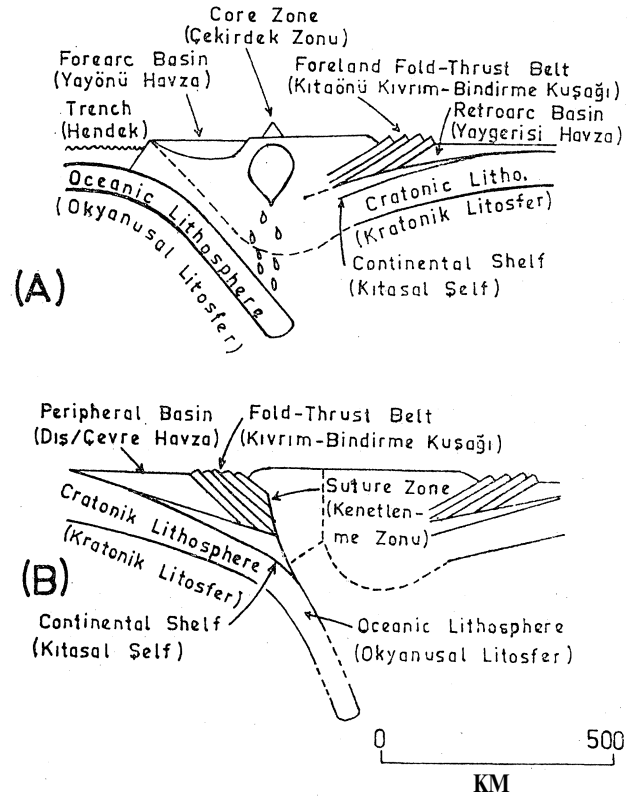
Kitaönü havzalar kıvrım-bindirme kuşağının oluşumu sırasında birbiri üzerine gelen litosferik yüklerle oluşan pasif yüklemeye yanıt olarak litosferin aşağıya doğru bükülmesi sonucu oluşmuşlardır (Beaumont, 1981). Orta Appalaşlar'da mostra dağılımı ve büyük bindirme faylarının yapısal özellikleri dış (çevre) havzaların tanımına yakinen uymaktadır. Takonik orojeninin ve onun kitaönü havzalarının oluşumunu açıklayan en mantıklı model, allokonların batıya doğru taşınmasını doğuya doğru dalma-batma ile açıklamaktadır.

Orojeni ve kitaönü havzaların gelişimi birbirinden ayrı olaylar olarak düşünülmemelidir. Bu çalışma, orojenik kuşaktaki olaylarla doğrudan kontrol edilen, havza içerisindeki aşınma ve sedimentasyon olayları ile ilgilenmektedir. Orta Appalaşlar'da üç ayrı üyesi ile **Martinsburg** formasyonu havzanın sinorojenik gelişimini göstermekte olup fliş olarak tanımlanmaktadır, buna karşın kısmen kaba taneli sığ deniz kırıntılılarından oluşan **Shochary Ridge** kumtaşları ve tamamen karasal çökellerden oluşan **Shawangunk** çökelleri orojenez bitiminden önceki molas evresine karşılık gelmektedir.

Kıvrım-bindirme kuşağındaki kabüksal kalınlaşma, kitaönü havzasındaki aşağıya doğru çökme için olası bir mekanizma olarak ileri sürülmüştür (Price, 1973). Bununla beraber, güncel olarak, yüklemenin rolünü desteklemek veya ısının neden olduğu kabüksal çökme gibi diğer faktörlerin etkisini saptamak için çalışmalar da yapılmıştır (Beaumont, 1981; Jordan, 1981). Atlantik-tipi kıta kenarlarının çökmesini gerektiren nedenler arasında bulunan litosferik soğumanın, sedimari yüklemesinden oluşan

çökme kadar önemli olduğu sonucuna varan Steckler ve Watts (1978), bu olayı geniş bir şekilde tartışmışlardır.

Deniz seviyesindeki değişmeler sedimentasyonu ve neticede yüklemeyi kontrol eden faktörler arasında bulunmaktadır. Buna rağmen sığ bir denizdeki su kolonunun gerçek kalınlığının litosferik kıvrılmaya tabakaların ağırlığından çok daha az etkisi bulunmaktadır. Leggett (1978)'e göre izostatik transgresif ve regresif olaylar çökel kayaların litolojisiindeki değişmelere neden olmaktadır. Martinsburg Formasyonu'nun taban birimi ile bunun altına gelen Jacksonburg kireçtaşları ve **Beekmantown** sığ-deniz karbonatları arasındaki uyumsuzluk da bu zamandaki ana bir izostatik olayla açıklanabilir. Büyük ölçekli transgresyonlar, ya büyük bir buzlanma döneminin sonunda kutuplardaki buzun erimesiyle ya da okyanus ortası sırtlardaki veya altındaki yapıcı aktivitenin artması ile okyanus havzası hacminin küçülmesiyle açıklanabilir (Hays ve Pittman, 1973). Erken



Şekil 3 : Kitaönü havzaların iki uç üyesi (Beaumont, 1981'den değiştirilmiştir).

A) Kıta altına okyanusal litosferin dalma-batması sonucu oluşan yaygerisi havza,
B) Kıtasal çarpışmanın bir sonucu olarak oluşan dış (çevre) havza.

Figure 3 : Two end members of the foreland basins (modified from Beaumont, 1981).

A) Retroarc basin, formed as a result of subduction of oceanic lithosphere under a continent,
B) Peripheral basin, formed as a result of continental collision.

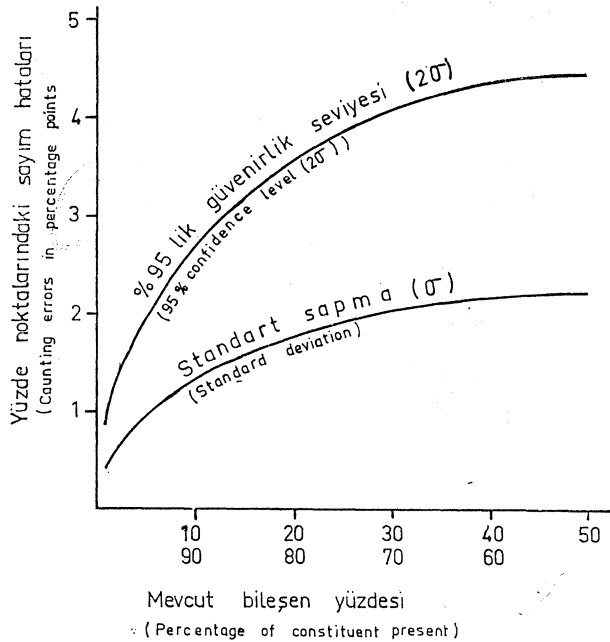
ve Orta Ordovisiyen zamanında geniş yayımlı buzulanma için hiç bir kanıt olmadığından (Leggett, 1978), Martinsburg çökel ortamının dereceli olarak derinleştiğini gösteren deniz yükselmesinin Orta ve Kuzey Appalaşlar'daki Ordovisiyen denizinde kısa süreli bir deniz tabanı yayılmasına bağlanması olası görülmektedir. Üstelik Virginia Appalaşlar'ındaki Martinsburg Formasyonu'nun tabanındaki yastık lavlar ve volkanik kül katmanları bu deniz tabanı yayılmasının bir göstergesi olabilir. Değişik olarak Cohen (1982) ve diğer bazı araştırmacıların önerdikleri şekilde, bu volkanik faaliyetler üst mantoya kadar uzanan büyük listrik faylara bağlı olarak gelişmiş olabilirler.

MARTINSBURG TÜRBİDİTLERİNİN LABORATUVAR İNCELEMELERİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Toplam olarak 48 incesitte nokta sayımı yapılmıştır. Bütün ince kesitler tabakalanmaya dik olarak kesilen parçalardan hazırlanmış ve bazı örneklerin çapraz kesitleri de yapılmıştır. Her bir ince kesitte Swift otomatik nokta sayıcı ile 500 nokta sayılmıştır.

Nokta sayımı yapılan ana bileşenler; monokristalin kuvars (Qm), çört te içeren polikristalin kuvars (Qp), plajiyoklas (P), K-feldispat (K), volkanik litik parçalar (Lv) ve sedimanter litik parçalardan (Ls) oluşmaktadır.

Nokta sayımından kaynaklanan istatistiksel belirsizlik Şekil. 4'deki eğri ile gösterilmektedir. Van der Plas ve Tobi (1965)'den basitleştirilen bu şekil veri-



Şekil 4 : Bileşenler için 500 nokta sayımına dayanan ve sayım hatalarını gösteren şekil (Van der Plas ve Tobi, 1965'den değiştirilmiştir).

Figure 4 : Plot showing counting errors for modes based on 500 point counts. (After Van der Plas and Tobi (1965))

len bir bileşenin hesaplanmış yüzdesinin bir fonksiyonu olarak sayım hatasını göstermektedir.

Grovakların kırıntılı bileşenleri, kuvars (Q), feldispat (F) ve litik parçalar (L) Dickinson (1970) ve Graham ve diğerleri (1976)'nın mineralojik ve petrografik tanımlamaları ile saptanarak modal üçgen diyagramlarda kullanılmaktadır.

Çalışmacıların çoğu, mineralleri (özellikle plajiyoklas ve K-feldispat) renk, dilinim, inklüzyon, alterasyon ve konoskopik şekil gibi petrografik ve mineralojik özelliklerinden yararlanarak saptamayı tercih etmektedirler. Fakat bu özelliklerden bazılarını saptamak her zaman kolay olmamaktadır. Özellikle ince-taneli kumtaşlarında kuvars taneleri önemli miktarda zaman ve çaba sarfetmeden K-feldispat veya ikizlenme göstermeyen plajiyoklas tanelerinden ayıramazlar. Nokta sayımı yapılan örneklerden yaklaşık yüzde yirmisi kırıntılı tanelerin tanınmasını zorlaştıran kil ve mika mineralleri ile ornatılmıştır. Onun için örnek gruplarındaki istatistiksel değişimler, sayımlardaki tek hata kaynağı olarak düşünülmelidir. Optik tanımlamada ve nokta sayımında operatörün hatasını en aza indirmek için ince kesitler, hem plajiyoklas hem de K-feldispat için özel kimyasal maddelerle boyanmıştır (Bu konudaki referanslar ve yöntemin kullanılması hakkındaki ayrıntılar için Özbek, 1983'e bakınız).

MARTINSBURG TÜRBİDİTLERİNİN PETROLOJİK İNCELENMESİ VE KULLANILAN DİYAGRAMLARIN YORUMLARI

Örnekler arazideki yakınlıkları gözönüne alınarak 9 grup altında toplanmış olup resmi olmayan grup isimleri verilmiştir. Şekil. 5'de görüldüğü gibi güneybatıdan kuzeydoğuya doğru bu gruplar; Newville, Hershey, **Shochary Ridge**, **Slatedale**, Wind Gap, Cementon, Bangor, Delaware Water Gap ve Ramsesburg olarak isimlendirilmiştir.

Kumtaşları arasındaki önemli bileşimsel değişimler üçgen diyagramlarda gösterilmektedir. Beslenme alanı yorumlarında QFL (toplam kuvars-toplam feldispat-litik parçalar) üçgeni ile QmFLt (monokristalin kuvars-toplam feldispat-toplam litik parçalar) üçgeni çok kullanışlıdır. Ayrıca QpLvLs (polikristalin kuvars-volkanik litik parçalar-sedimanter litik parçalar) ve QmPK (monokristalin kuvars-plajiyoklas-feldispat) üçgenleri de yardımcı üçgenler olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 1 kullanılan tane parametrelerini tanımlamakta olup bunları üçgen diyagramlarda kullandığı şekilde göstermektedir (Dickinson ve Suczek, 1979). Çizelge 1 Üçgen diyagramlarda kullanılan tane parametreleri:

- (1) $Q = Q_m + Q_p$
Q ... toplam kuvars taneleri
Qm ... monokristalin kuvars taneleri
Qp ... polikristalin kuvars taneleri
- (2) $L = L_v + L_s$
L ... duraylı olmayan afanitik litik kırıntılar
Lv ... volkanik - metavolkanik - hipabisal litik kırıntılar
Ls ... afanitik sedimanter - metasedimanter litik kırıntılar

- (3) $Lt = L + Qp$
 Lt... toplam afanitik litik kırıntılar
- (4) $F = P + K$
 F ... toplam feldispat taneleri
 P ... plajiyoklas feldispat taneleri
 K ... potasyum feldispat taneleri

Q-F-L Üçgen diyagramı

Bu diyagram (Şekil 6 A) tane duyarlılığım, ve böylece, bozunma, beslenme alanı yüksekliği, taşınma mekanizması ve ana kayaç litolojisinin önemini vurgulamaktadır. Doğuya doğru monokristalin kuvars içeriğinde önemli bir artma, duraysız litik kırıntılılar içeriğinde ise bir azalma görülmektedir. Feldispat miktarında bu yönde çok küçük bir artış görülmektedir.

Kuvars köşesine çok yakın bir yerde bulunan **Shawangunk** Formasyonuna ait 4 örnek **Delaware Water Gap** bölgesinden alınmış olup bileşimsel olgunluğu yansıtmaktadır. Bu formasyondaki diğer tali bileşenler azalan önemlilik sırasına göre polikristalin (çok kristalli) kuvars, litik kırıntılılar ve feldispatlardır.

Shawangunk örnekleri kadar olmasa da, **Shochary Ridge** kumtaşları da bileşimsel ve dokusal olarak olgunluk göstermektedir. Bu örnekler bileşimleri açısından **Martinsburg** ve **Shawangunk** örnekleri arasında bir yerde bulunmaktadır. Monokristalin kuvarsça zengin olan bu grup feldispat ve duraysız litik parçalarca fakirdir. Tanelerin çoğu iyi yuvarlaklaşmıştır.

Martinsburg Formasyonu'nun en kuzeydoğu üç grubu olan **Cementon**, **Bangor** ve **Ramseyburg** feldispat ve duraysız litik kırıntı içerikleri açısından **Shawangunk** ve **Shochary Ridge** örneklerine göre daha zengin olup toplam kuvars oranları da daha yük-

sektir.

Martinsburg Formasyonu'nun güneybatıdaki üç grubu olan **Slatedale**, **Hershey** ve **Newville** 12 km gibi kısa bir mesafede örnek bileşimlerinde önemli bir değişiklik göstererek diğer gruplardan ayrı bir bölgede yer almıştır. Dokusal ve bileşimsel olarak olgun olmayan bu kumtaşları sedimanter litik kırıntılılar ve çok kristalli kuvars oranlarının yüksek olmaları ve diğer gruplardaki örneklerden daha kaba taneli olmalarıyla belirginlerdir. Tane şekilleri yarı yuvarlaklardan köşeliye kadar değişmektedir.

Qm-F-Lt üçgen diyagramı

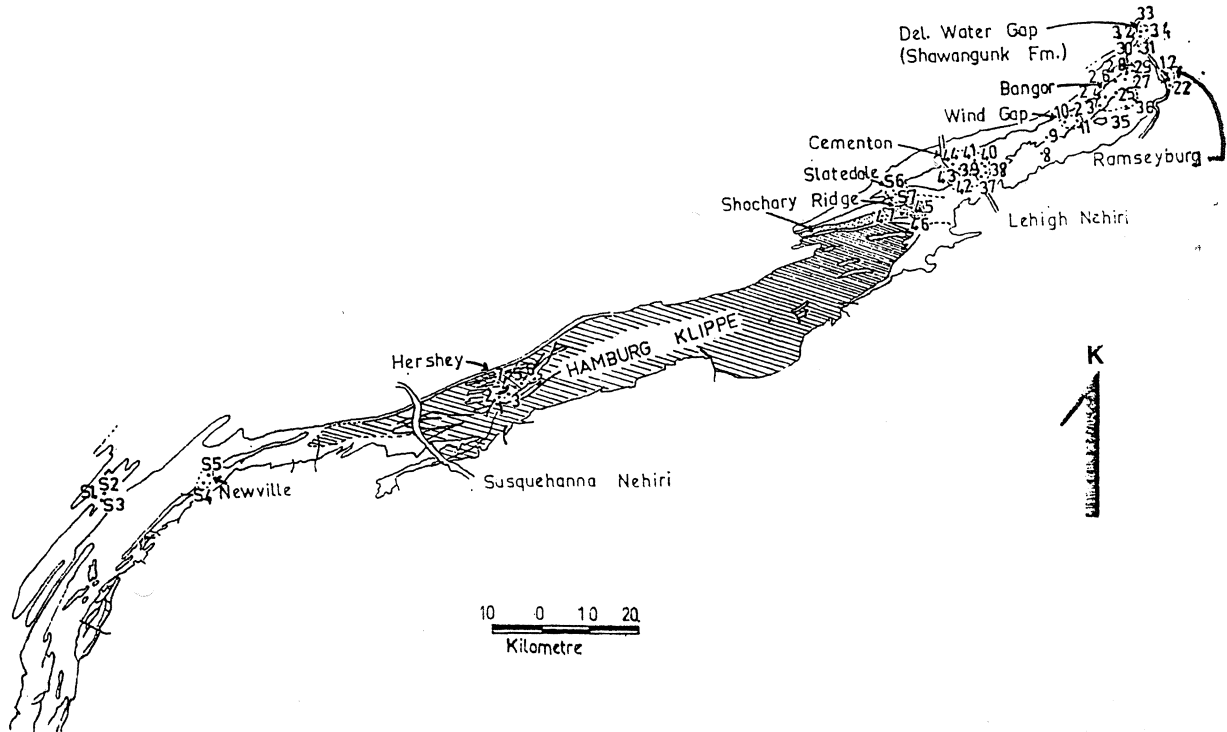
Bu diyagramda (Şekil 6 B) bütün litik kırıntılılar bir araya toplanmış olup, ana kayaç tane boyu önem kazanmaktadır. Daha ince taneli kayaçlar QFL diyagramında olduğundan daha fazla kum-boyu litik kırıntı vermektedir.

Bütün gruplar QFL şeklinde görülene benzer şekilde yer almış olup, sadece çok kristalli kuvars (Qp) kuvars köşesine litik köşesine (L) kaymıştır. **Martinsburg**'un en güneybatı grupları olan **Newville**, **Hershey** ve **Slatedale** yüksek toplam litik içeriği (Lt) ve düşük toplam feldispat içeriği (F) ile belirginleşmiştir. Bir kez daha **Cementon**, **Bangor** ve **Ramseyburg** örnekleri birbirine yakın yerlerde bulunmakta olup monokristalin kuvars en yaygın kırıntılı bileşendir. Bu yönde toplam feldispat içeriğinde hafif bir artış görülmektedir.

Önceki gibi, **Shawangunk** ve **Shochary Ridge** örnekleri kuvars köşesine yakın bir yerdedirler ve monokristalin kuvars içerikleri toplam bileşimlerinin % 85'inden fazla bir kısmını oluşturmaktadır.

Op-Lv-Ls üçgen diyagramı

Bu diyagram, magmatik ve metamorfik beslenme alanlarına karşı sedimanter, kratonik ve volka-



Şekil 5 : Örnek yerleri haritası.

Figure 5 : Sample location map.

KUMTAŞI PETROLOJİSİNİN KULLANIMI

nik yay beslenme alanlarına karşı yeniden işlenmiş beslenme alanlarının bağıl önemini belirlemek için gerekli temel bilgiyi sağlamaktadır. **Hershey**'den beş ve **Slatedale**'den bir ince kesitte görülen az miktardaki volkanik litik parça haricindeki diğer örnekler bu bileşeni içermez ve üçgenin Qp-Ls kenarı boyunca dizilmişlerdir. En güneybatıdaki gruplar olan **Newville**, **Hershey** ve **Slatedale**, diğer **Martinsburg** grubu örneklerinden çok daha yüksek sedimanter litik kırıntı içeriği ve buna eşlik eden kaba tane boyu ile belirgindirler.

Shawangunk örneklerinde, çok kristalli kuvars içeriği sedimanter litik kırıntı içeriğinden bağıl olarak daha yüksektir. Çok kristalli kuvars ve sedimanter litik kırıntılılar **Shochary Ridge** grubunda hemen hemen eşit miktarlarda bulunmaktadır. Bu iki grup hiç volkanik kaya parçası içermemektedir.

Qm-P-K üçgen diyagramı

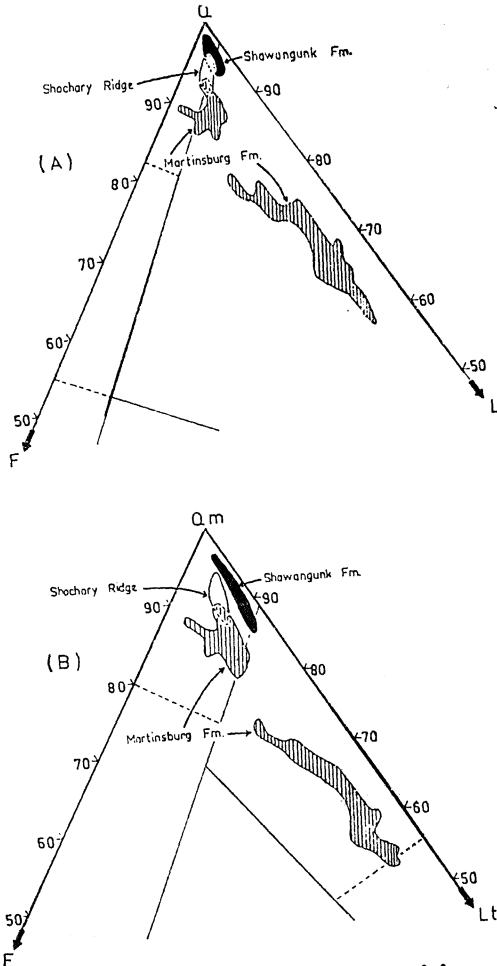
Bu diyagram QpLvLs şemasındaki gibi beslenme alanının bir indeksi olup monokristalin tane cinslerine (kuvars, plajiyoklas ve K-feldispat) önem vermektedir. Bütün örnekler yüzde 87.5'den fazla monokris-

talın kuvars ve hemen hemen eşit miktarlarda plajiyoklas ve K-feldispat'tan oluşan ilginç bir eğilim göstermektedir. Plajiyoklas yüzdesi potasyum feldispat yüzdesinden bir derece daha yüksektir. **Shawangunk** ve **Shochary Ridge** örnekleri daha fazla monokristalin kuvars ve daha az K-feldispat ve plajiyoklas içermekte olup ayrı bölgeler işgal etmektedir.

BESLENME ALANI VE OLASI KAYNAK ALANLARI

Şekil 6 A-B'deki iki tamamlayıcı üçgen diyagram (QFL ve QmFLt) beslenme alanı yorumu için yeniden çizilmiştir. Bu şekiller **Martinsburg**, **Shawangunk** ve **Shochary Ridge** kumtaşlarında sadece genel litolojik eğilimleri göstermek için basitleştirilmiştir.

Dickinson ve Suczek (1979) plaka tektoniği ile kontrol edilen değişik cinsteki beslenme alanlarından türeyen kumtaşlarının ortalama bileşimlerinin QFL ve QmFLt diyagramlarında ayrı bölgelerde bulunma eğiliminde olduğunu göstermişlerdir. Böylece ayrılmış üç ana beslenme alanı; **kıtasal bloklar**, **magmatik yaylar** ve **yeniden işlenmiş orojenler**'den oluş-



Şekil 6 : A) Beslenme alanı yorumu için yeniden çizilmiş QFL üçgen diyagramı (küçük üçgen Dickinson ve diğerleri, 1983'den). B) QmFLt üçgeni. (küçük üçgen Dickinson ve diğerleri, 1983'den).

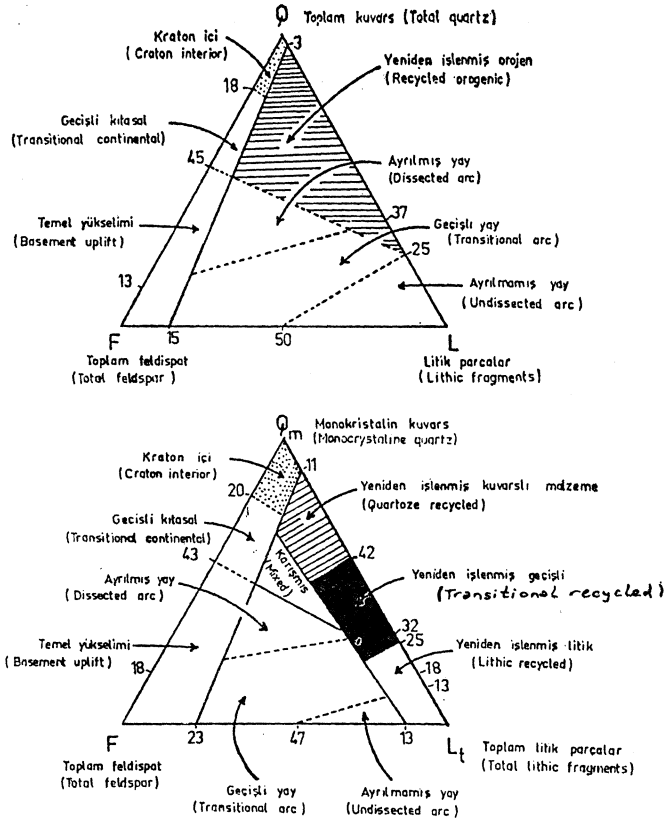


Figure 6 : A) QFL ternary plot, redrawn for provenance interpretation. (small triangle from Dickinson and others, 1983). B) QmFLt ternary plot. (small triangle from Dickinson and others, 1983).

maktadır. Dickinson ve diğerleri (1983) bu diyagramları geliştirerek beslenme alanı cinsi ile ilişkili alt bölümleri ayırmışlardır.

Sonuçlarımız -her iki üçgen diyagramda da görüldüğü gibi- yeniden işlenmiş orojenik ve daha az etkili olan kraton içi olmak üzere iki çeşit beslenme alanının varlığını göstermektedir. Değişik orojenik konumlardaki temel kaynak kayalar, özellikle sedimanter ve metasedimanter kökenli, yeniden işlenmiş kırıntılıların yaygın olduğu kıvrılmış ve faylanmış istifin yükseltildiği bölgelerde bulunmaktadır. Dickinson ve Suczek (1979) yeniden işlenmiş orojenik beslenme alanlarını, deformasyona uğramış okyanusal sediman ve lavlardan oluşan dalma-batma karmaşıkları, kabuksal kenetlenmeler boyunca oluşan çarpışma orojenleri ve kıvrım-fay kuşakları ile ilişkili olan kıtaönu yükseltileler olarak üç ana grup altında toplamıştır.

Magmatik kayaların esas kaynak olmamasından dolayı bu beslenme alanlarından türeyen kumlar genellikle feldispatça fakirdirler. Kıtasal çarpışma ile oluşan orojenler, büyük naplar, sedimanter ve metasedimanter kökenli bindirme fayları ile belirginlerdir.

Takonik kıtaönu havzası ve komşu bindirme bloklarındaki kumtaşların çoğu yeniden işlenmiş orojenik beslenme alanlarından türeyen ve kuvarslı değişkeni ile belirginleşen kuvarso-litik bileşimlere sahiptirler (Şekil. 6). Kaynaklarının, Takonik olayı sırasında orojenik olarak yükseltilelen, kısmen metamorfize olmuş ve deformasyona maruz kalmış kıta kenarı kayalar olduğuna inanılmaktadır.

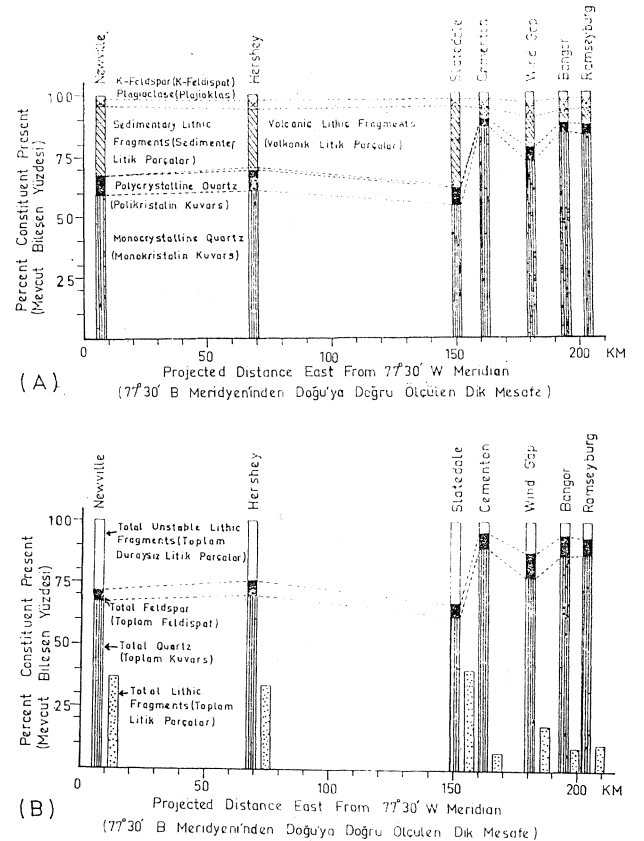
Şekil. 7A-B'de daha önce tanımlanmış grup isimleri kullanılmıştır. Pennsylvania Jeoloji Haritası'ndaki (Socolow, 1980) 77°30' B meridyeni başlangıç olarak seçilmiş olup her gruptaki örneklerin bu meridyene olan ortalama mesafeleri haritadan ölçülmüştür.

Şekil. 7A'da Martinsburg'un en güneybatıdaki üç grubu (Newville, Hershey ve Slatedale) ve en kuzeydoğudaki dört grubu (Cementon, Wind Gap, Bangor ve Ramaeyburg) arasında doğuya doğru monokristalin kuvars, çok kristalli kuvars ve sedimanter litik kırıntı içeriklerinde belirgin ve ani bir artış görülmektedir. Bu değişiklik sadece 12 km gibi kısa bir mesafede ortaya çıkmaktadır. Aynı ilişki toplam kuvars, toplam feldispat, toplam duraysız litik kırıntılılar ve toplam litik kırıntılılardan oluşan özet diyagramda da görülmektedir (Şekil. 7 B). Plajiyoklas ve K-feldispat içeriklerinde de kuzeydoğuya doğru hafif bir artış görülmektedir. Bu ilginç litolojik değişikliğin bir çok olası nedeni vardır.

1. Açıklama

Daha önce QFL ve QmFLt diyagramlarında da (Şekil. 6 A-B) görüldüğü gibi Martinsburg grovıkları için daha baskın olan yeniden işlenmiş orojenik ve daha az etkili olan kraton içi ohnak üzere iki ana beslenme alanı belirlenmiştir. Yeniden işlenmiş Geç Kambriyen ve Erken Ordovisiyen örtüden oluşan orojenik bir beslenme alanının, denizaltı yelpaze oluşumunun başlangıç evresinde, Martinsburg çökel or-

tamına kırıntı verdiğine inanılmaktadır. Yüzde 15'den 40'a varan sedimanter litik kırıntı içeriği ile belirlenen en güneydeki üç grup (Newville, Hershey ve Slatedale) havzanın bu kesimi için esaslı olarak sedimanter bir kaynağın varlığını belirtmektedir. Hernekadar geriye kalan gruplar QFL diyagramında yeniden işlenmiş orojenik beslenme alanında yer alsa da, bunlar QmFLt diyagramında kraton içi bölgede yer almaktadır. Bu durum kraton içi beslenme alanının ikincil bir kaynak olduğunu göstermektedir. Bunun en mantıklı açıklaması, Martinsburg denizaltı yelpazesinin başlangıç evresinde, kabuksal kıvrılma ile yükseltilelen sedimanter örtünün havzaya kırıntı verdiği ve zamanla granit ve gnayslardan oluşan kratonik kaynağın aşınma ile yüzeye çıktığı ve havzaya kırıntı verdiği şekilde yapılabilmektedir. Bu durum havzaya artan miktarlarda monokristalin kuvars ve feldispat, buna karşın daha az sedimanter litik kırıntı sağlamıştır. Baltimore gnays domu Martinsburg Formasyonunun olası beslenme alanlarından birisi olarak gösterilmiştir (Shanmugam ve Lash,



Şekil 7 : A) 77°30'B çizgisinden doğuya doğru Martinsburg grovaktarındaki bileşimsel değişim. B) Toplam tanelere göre bileşimsel değişim.

Figure 7 : A) Compositional change in the Martinsburg graywackes from 77°30'W line toward east.

B) Compositional change considering total grains.

1982). Tahmini yaşları Erken Paleozoyik'ten Mesozoyik'e kadar değişen kesin yaş verilmemiş sayısız plüton Appalaşlarda bulunmaktadır (Raymond, 1963). Doğu Pennsylvania'daki örneklerin çoğu, kratonun durayh kesimlerinden türediğine inanılan, yüksek kuvars içeriği ile belirgindirler. Bu durum yüksek monokristalin kuvars (% 80-89.4), düşük sedimanter litik kırıntılılar (% 1.6-7.6) ve düşük çok kristalli kuvars (% 5-13) yüzdesi ile desteklenmektedir. Bütün olarak düşünüldüğünde feldispat içeriği Cementon, Bangor ve Ramseyburg grupları için yüzde 5.2 ile 8.9 ve en güneybatıdaki üç grup için yüzde 3.8 ile 6.3 arasında değişmektedir.

Şekil. 7 A'da görüldüğü gibi, bütün modal analizlerde plajiyoklas içeriği K-feldispat içeriğinden çok az miktarda daha yüksektir. Eğer bir formasyon K-feldispattan daha fazla plajiyoklas içerirse volkanik bir beslenme alanından şüphelenmek gerektiği Folk (1974) tarafından belirtilmiştir. Özellikle plajiyoklas taneleri zonlanmışsa bu kural çok daha belirginleşmektedir. Ancak, bu çalışmada, plajiyoklas tanelerinde zonlanmanın yokluğu ve bazı K-feldispat tanelerinin yanlışlıkla plajiyoklas olarak tanınması olasılığı volkanik bir beslenme alanının varlığını desteklemektedir.

II. Açıklama

Güneybatı ve Kuzeydoğudaki Martinsburg grupları arasındaki ilginç litolojik değişimin ikinci olası açıklaması sedimantasyon esnasında bu grupların birbirine göre konumları ile verilmektedir. En güneybatıdaki grup örnekleri kaba taneli olup yelpazenin yakınsal kesimini, buna karşın kuzeydoğu gruplarının ince taneli kumtaşları iraksal kesimi temsil etmektedirler. Hershey ve Slatedale örnek yerleri çevresindeki bindirme fayları bu iki güneybatı grubun kayaçlarını şimdiki konumlarına getirmiştir.

III. Açıklama: Martinsburg grupları arasındaki litolojik değişimin paleocoğrafik veya dinamik anlamı

Üçüncü açıklama, Martinsburg çökel havzası değişik zamanlarda doldurulduğundan kuzeydoğudaki dört grubun örneklerinin stratigrafik olarak daha yüksek bir konumdan gelmiş olabileceği şeklindedir. Bu modele göre, güneybatıdaki üç grup diğer gruplardan önce çöküp aşınmışlardır. Kuzeydoğudaki dört grupta türbidit istifinin tabanı görülmediğinden bu açıklama mantıksız değildir. Güneybatıdaki üç grupta da şimdiki istifin tavanı görülmemektedir.

Bu ilginç litolojik kesikliğin üç olası açıklamasından birincisi bu makalede tartışılan petrolojik verilerle desteklenmektedir. Diğer iki açıklamanın da geçerliliği vardır. Özellikle denizaltı yelpaze çökellerinin kaynaktan itibaren yakınsal ve iraksallığı tartışılan ikinci açıklama arazi gözlemleri ile desteklenmektedir.

Hershey'de iki ve Slatedale'de bir örnek muhtemelen bazaltik lavlardan türemiş olup taneler arası boşluklarda bulunan plajiyoklas taneleri taşınmış volkanik kırıntılar içermektedir. Bazaltik lavların havzaya "ya büyük listrik faylarla ya da kısa süreli deniz-tabanı yayılması ile getirildiğine inanılmaktadır. McBride (1962) tarafından belirtilen bentonit ve

volkanik kül katmanlarının olası kaynağı olarak volkanik bir yay düşünülmektedir (örneğin; Taylor ve Toksöz, 1982'nin Bronson Hill antiklinoryumu). Buna rağmen Martinsburg Formasyonu'nun tabanındaki yastık lavların yerleşimi hakkında daha fazla veriye gereksinim duyulmaktadır.

Orta Appalaşlar'daki Orta/Geç Ordovisiyen ve Erken Siluriyen yaşlı kumtaşların inanılan beslenme alanları ve litolojik değişimleri ışığında Proto-Atlantik okyanusunun bir kesiminin Ordovisiyen'de kapandığına inanılmaktadır. Martinsburg Formasyonu'nun litik-arenitik kumtaşları istifte yukarıya doğru derecelenerek daha olgun olan Shawangunk Formasyonu'nun kuvars arenitlerine geçmektedir. Ordovisiyen-Siluriyen sistematik sınırı petrolojik olarak stratigrafik istifte duraysız ve ince kırıntılıların yukarıya doğru kayboluşu ile belirlenmektedir. Şimdiki çalışmanın sonuçları ve bu yazının değişik yerlerinde tartışılan veriler Geç Ordovisiyen ve Erken Siluriyen zamanında Proto-Atlantik okyanusunun bir kesiminin kapandığını kuvvetli bir şekilde desteklemektedir. Takonik orojeni ile yükselmiş sedimanter örtü aşınmaya ve yeniden işlenmeye başlamıştır. Sedimanter örtünün ortadan kalkması kratonik kaynağı daha etkin hale getirmiştir.

BÖLGESEL TEKTONİK MODEL VE EVRELERİ

Şekil. 8 de gösterilen ve bir dizi kesitler halinde sunulan Orta Appalaşların tektonik modeli Ordovisiyen'in bütün ana stratigrafik ve yapısal özelliklerini açıklamak için sadece ilk girişimdir. Bu model derindeki yapıları yorumlama girişiminde bulunmamaktadır.

I. Evre

Geç Prekambriyen riftleşmesi Kuzey Amerika kratonunu mikrokıta veya ada yayından ayırmakta ve büyük listrik normal fayların bu olay sonucu oluştuğu sanılmaktadır. Üst Kambriyen ve Alt Ordovisiyen kırıntılıları kıtasal şelften derin denize kadar olan Kuzey Amerika kratonu üzerinde çökelmişlerdir. Erken Ordovisiyen zamanında sığ-denizel Beekmantown karbonatları Kuzey Amerika'nın pasif kıtasal şelfi üzerinde çökelmeye başlamıştır.

II. Evre

Erken Ordovisiyen'den başlayarak Kuzey Amerika kratonu ile açık denizdeki bir mikrokıta veya ada yayı arasındaki Pröto-Atlantik Okyanusu'nun kıta kenarı okyanus havzası kapanmaya başlamıştır. Buradaki kıta kenarı, okyanus havzası ile batı Pasifik'teki (Karig, 1971) aktif ada yayları gerisinde kabuksal uzanım ile oluşan kıta kenarı havzalarla karıştırılmamalıdır. Bu havzanın doğu kıyısındaki dalma-batma Newfoundland Appalaşlar'ında çok daha önce başlamıştır (Hiscott, 1978). New England ve daha güneydeki Appalaşlar'da kıtasal şelf üzerinde sığ deniz karbonatları ve daha derin kesimlerde kırıntılı sedimentler dalma-batma başladığında çökelmekteydi. Şelf karbonatları Beekmantown kireçtaşları ile (Savoy ve diğerleri, 1981) derin deniz kırıntılıları Hamburg klippele Orta Appalaşlar'da temsil edilmektedir.

III. Evre

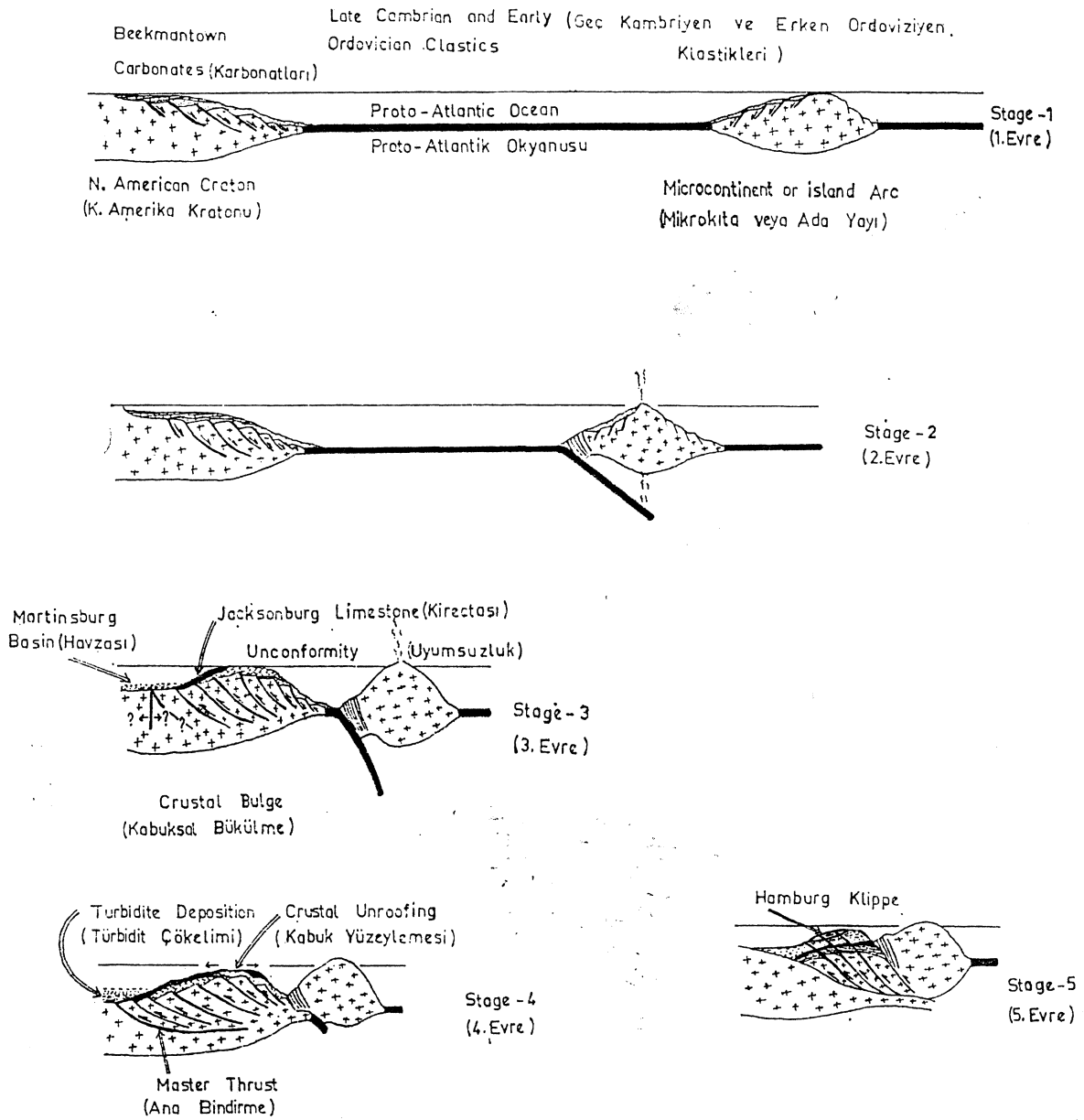
Bu evre Kuzey Amerika şelfinin kıvrılmasını

oluşturmak için ada yayı veya mikrokıtanın Kuzey Amerika kratonuna yeteri kadar yaklaştığı bir evredir. Büyük listrik faylar ters faylar olarak yeniden hareketlenmiş olup **Beekmantown** şelf karbonatları yüzeylenmiştir. Havzanın dereceli olarak derinleştiğini gösteren **Jacksonburg** kireçtaşları (Savoy ve diğerleri, 1981) uyumsuz olarak Beekmantown şelf karbonatları üstüne çökelmişlerdir. **Jacksonburg** kireçtaşları dereceli olarak **Martinsburg** Formasyonu'nun en alt üyesi olan **Bushkill** tarafından üstlenmektedir. Büyük listrik fayların ters faylar olarak yeniden hareketlenmesi, kabuksal kıvrılmanın oluşması, bazaltik veya iki kökenli volkanizmaya neden olması Jackson (1980) ve Cohen (1982) tarafından ayrıntılı olarak tartışıl-

maktadır. Bu nedenle **Martinsburg'un** tabanındaki yastık lavlar büyük listrik fayların yeniden hareketlenmesi ile getirilmiş olabilir. Diğer önemli bir nokta da **Jacksonburg** kireçtaşlarının tabanının hızlı yükselimi, erozyon ve blok faylanma ile taşınma sonucu üretilen alt **Beekmantown** kayaçlarının içerisinde olmasıdır (Savoy ve diğerleri, 1981).

IV. Evre

Doğu ve güneydoğuya doğru devam eden yükselme bu evrede Martinsburg denizaltı yelpazesinin oluşumuna olanak vermiştir. Bu evre en az 400 m kalınlığındaki klastik istiftin oluşan Ramseyburg üyesi ile temsil edilmektedir. Önemli oranlarda yeniden işlenmiş litik parça sağlayan ve kabuksal bükülme



Şekil 8 : Martinsburg Formasyonu'nun havza ve beslenme alanı evrimini gösteren Orta Apalaşlar'ın şematik levha tektoniği modeli.

Figure 8 : Schematic plate tectonic model of the Central Appalachians showing the basin and source area evolution of the Martinsburg Formation.

ile oluşan sedimanter örtü başlangıçta ana kaynak iken, bu örtünün aşmasıyla kabuksal bükülmenin kristalin tabanı baskın sediman kaynağı olmuştur. Bu şekilde daha çok monokristalin kuvars ve feldispat ve daha az sedimanter litik kırıntı havzaya taşınmıştır.

V. Evre

Martinsburg çökelişi devam ederken, yeniden hareketlenmiş taban fayları ada yayı kesiminden Üst Kambriyen ve Alt Ordovisiyen klastik ve karbonatlarını havzaya getirmiştir. Orta Apalaşlar'daki bu büyük klastik ve karbonat blokları **Hamburg klipi** ile ve diğer allokton birimlerle temsil edilmektedir. Bölgenin tektonik olarak duraylı bir hal alması ve beslenme alanı yüksekliklerinin azalması, iraksal türbidit ve pelajiklerden oluşan **Pen Argyl** üyesinin çökelişine olanak vermiştir. Ordovisiyen sonuna doğru Martinsburg havzası **Shochary Ridge, Bald Eagle ve Juniata** formasyonlarının sığ denizel çökelleri ile doldurulmuştur. Bu dönem Takonik orojeninin en şiddetli evrelerinden birisine karşılık gelmektedir. Daha sonra **Martinsburg** çökel ortamı tamamen yükseltilmiş olup, Orta Apalaşlar'da **Martinsburg** Formasyonu ile Erken Siluriyen formasyonları arasındaki uyumsuzluğu oluşturan şiddetli bir erozyona maruz kalmıştır. Erken Siluriyen zamanında, havza tamamen karasal klastiklerin çökelişine (**Shawangunk** ve **Tuscarora** formasyonları) olanak vermiştir.

Orta Apalaşlar'daki **Martinsburg** havzası için burada çizilen model Shanmugam ve Lash (1982)'nin modelinden bazı önemli noktalarda ayrılmaktadır, ilk olarak, bu model **Martinsburg** çökel ortamının kabuksal domlaşmanın batısında olduğunu varsayarak şimdiki jeolojik özellikleri daha kolay açıklamaktadır. İkinci olarak, bu model yastık lavların ve ince volkanik kül katmanlarının yerleşmesine açıklık getirmektedir. Üçüncü olarak, bu model **Martinsburg** havzasındaki **Hamburg fchpi** gibi alloktonların yerleşimini açıklamaktadır. Son olarak, **Shawangunk** Formasyonu'nun yaşı Geç Ordovisiyen değil Erken Siluriyen (Yeakel, 1962; Smith, 1967) olarak alınmaktadır.

SONUÇLAR

Martinsburg Formasyonu ile bunu üstleyen **Shawangunk** Formasyonu arasındaki açıl uyumsuzluk, Takonik orojeni esnasında yapraklanmanın gelişmesi, **Martinsburg** kumtaşlarının stratigrafik olarak dokusal olgunluğundaki değişimle belirlenen beslenme alanı koşullarındaki değişim ve bu çalışmanın sonuçları Proto-Atlantik Okyanusu'nun bir kesiminin Geç Ordovisiyen zamanında kapandığını kuvvetli bir şekilde desteklemektedir. Takonik orojeninin doğudan türemiş klastik malzemesi Orta Apalaşlar'm değişik kesimlerinde bulunmaktadır. Dokusal ve bileşimsel olarak olgun olmayan **Martinsburg** grovakları, zamanla, aynı sahada dokusal ve bileşimsel olarak olgun olan **Shawangunk** ve **Tuscarora** kumtaşlarının çökelişine olanak vermiştir. Petrolojik olarak Ordovisiyen-Siluriyen sistematik sınırı stratigrafik istiftin duraysız ve ince taneli kırıntılıların kayboluşu ile belirlenmektedir.

Stratigrafik istifte, bu kumtaşlarının olgunluğunda yukarıya doğru olan değişim, daha aşağı seviyelerdeki **Martinsburg** grovaklarında bulunan yaygın çok kristalli ve gerilmiş metamorfik kuvars ile belirlenmektedir. Metamorfik kuvars taneleri birbirine geçişli sınırlar ve kuvvetli yanıp-sönme göstermektedir. Monokristalin kuvars, **Shochary Ridge** ve **Shawangunk** kumtaşlarının çoğunluğunu oluşturarak stratigrafik istifte yukarıya doğru artmaktadır. Litolojide görülen yukarıya doğru değişim, **Martinsburg** grovaklarının baskın olarak yeniden işlenmiş orojenik ve ikincil olarak da kraton içi kaynaklardan beslendiği şeklinde yorumlanmıştır.

Kitaönü havzalar, sedimanların çoğunu orojenin çekirdeğinden ve kıvrım-bindirme kuşaklarından almaktadır. Neticede bu olay, kıvrım-bindirme kuşğunun ağırlığı ile litosferin aşağıya doğru bükülmesinden sonuçlanmaktadır.

Yaklaşık 300 m veya daha fazla kalınlıktaki **Beekmantown** grubu kayacı stratigrafik istiftin aşınma ile kaybolmuştur (Savoy ve diğerleri, 1981). Erozyonla oluşan yüzey, Beekmantown grubundan türemiş malzemeyi içeren yerel taban konglomeraları ile belirlenmektedir. **Beekmantown** grubu, uyumsuz olarak, **Jacksonburg** kireçtaşları ve havzanın dereceli olarak derinleştiğini belirten **Martinsburg** Formasyonu'nun transgresif fişi ile üstlenmektedir.

KATKI BELİRTME

Bu yazının geliştirilmesinde büyük yardımlarını gördüğüm Prof. Dr. Norman D. Smith'e, yüksek lisans çalışmaları esnasında mali destek sağlayan M.T.A. Genel Müdürlüğü'ne, Prof. Dr. Robert Demar'a ve University of Illinois at Chicago'ya teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca yazıyı inceleyen Prof. Dr. Teoman Norman'a, %>ç. Dr. Naci Görür'e ve Dr. Evren Yazgan'a teşekkür ederim.

DEĞİNİLEN BELGELER

- Beaumont, C., 1981, Foreland basins: Geopys. J.R. astr. Soc, 65, 291-329.
- Bird, J.M. ve Dewey, J.F., 1970, Lithosphere plate Continental margin tectonics and the evolution of the Appalachian orogen: Geol. Soc. Am. Bull, 81, 10314061.
- Chappie, W. M., 1973, Taconic orogeny: abortive subduction of the North American continental plate?: Geol. Soc. Am. Abs. with Progs., 5, 573.
- Cohen, C. R., 1982, Model for a passive to active continental margin transition: implications for hydrocarbon exploration: AAPB Bull., 66, 708-718.
- Colman-Sadd, S.P., 1982, Two stage continental collision and plate driving forces: Tectonophysics, 90, 263-282.
- Dickinson, W. R., 1970, Interpreting detrital modes of graywacke and arkose: Jour. Sed. Petrol., 40, 695-707.
- Dickinson, W. R., 1974, Plate Tectonics and Sedimentation: Dickinson, W.R., ed., Tectonics and Sedimentation da: SEPM Spec. Publ. No: 22, 1-27.

- Dickinson, W.R. ve Suczek, C.A., 1979, Plate tectonics and sandstone compositions: AAPG Bull., 63,2164-2182.
- Dickinson, W.R., Beard, L.S. ve diğerleri, 1983, Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting: Geol. Soc. Am. Bull, 94, 222-235.
- Drake, A.A., Jr. ve Epstein, J.B., 1967, The Martinsburg Formation (Middle and Upper Ordovician) in the Delaware Valley, Pennsylvania-New Jersey: USGS Prof. Paper, No: 1244H, 16 s.
- Epstein, J., Epstein, A.G. ve Bergstrom, S.M., 1972, Significance of Lower Ordovician exotic blocks in the Hamburg klippe, eastern Pennsylvania: USGS Prof. Paper, No: 800-D, D29-D36.
- Folk, R. L., 1974, Petrology of Sedimentary Rocks: Hemphill Publishing Company, Texas, 182 s.
- Graham, S.A., Ingersoll, R.V. ve Dickinson, W.R., 1976, Common provenance for lithic grains in Carboniferous sandstones from Ouachita Mountains and Black Warrior basin: Jour. Sed. Petrol., 46, 620-632.
- Hays, J.J. ve Pittman, W.C., 1973, Lithospheric plate motion, sea level changes and climatic and ecological consequences: Nature, 246, 18-22.
- Hiscott, R.N., 1978, Provenance of Ordovician deep-water sandstones Tourelle Formation, Quebec, and Implications for initiation of the Taconic orogeny: Can. J. Earth Sci., 15, 1579-1597.
- Jackson, J.A., 1980, Reactivation of basement faults and crustal shortening in orogenic belts: Nature, 283, 343-346.
- Jordan, T.E., 1981, Thrust loads and foreland basin evolution, Cretaceous, western United States: AAPG Bull., 65, 2506-2520.
- Karig, D.E., 1971, Origin and development of marginal basins in the western Pacific: J. Geophys. Res., 76, 2542-2561.
- King, P.B., 1977, The Evolution of North America: Princeton Univ. Press, Princeton, New Jersey, 48-63.
- Kopp, M.L., 1981, Horizontal extrusion during compression of orogenic belts: International Geol. Rev., 23, 1237-1248.
- Leggett, J.K., 1978, Eustatic and pelagic regimes in the Iapetus Ocean during the Ordovician and Silurian: Earth and Planet. Sci. Letts., 41, 163-169.
- McBride, E.F., 1962, Flysch and associated beds of Martinsburg Formation (Ordovician), Central Appalachians: Jour. Sed. Petrol., 32, 39-91.
- McIver, N.L., 1970, Appalachian turbidites; Fisher, G.W., Pettijohn, F.J., Reed, J.C., Jr., and Weaver, K.N., ed., Studies of Appalachian Geology: Central and Southern de: 69-83.
- Miyashiro, A., Aki, K. ve Şengör, A.M.C., 1982, Orogeny: John Wiley and Sons, N.Y., 242 s.
- Özbek, T., 1983, Petrology of the Middle-Upper Ordovician Martinsburg graywackes in Pennsylvania and New Jersey: sedimentologic and tectonic implications: M.S. thesis, University of Illinois at Chicago, 142 s., yayınlanmamış.
- Price, R.A., 1973, Large-scale gravitational flow of supra-crustal rocks, southern Canadian Rockies: De Jong, K.A. ve Scholten, R.A., ed., Gravity and Tectonics de: 491-502.
- Raymond, L.A., 1983, A discussion on the Melanges and the Piney Branch complex - a metamorphosed fragment of the Central Appalachian ophiolite in northern Virginia: Am. J. Sci., 283, 374-376.
- Rodgers, J., 1970, The Tectonics of the Appalachians: John Wiley and Sons, New York, Inc., 31-39 ve 66-82.
- Rowley, D.B. ve Kidd, W.S.F., 1981, Stratigraphic relationships and detrital composition of the medial Ordovician flysch of western New England: implications for the tectonic evolution of the Taconic orogeny: Jl. Geology, 89, 199-218.
- Savoy, L., Harris, A.G. ve Repetski, J.E., 1981, Paleogeographic implications of the Lower/Middle Ordovician boundary, northern Great Valley, eastern Pennsylvania to southeastern New York: Geol. Soc. Am. Abs. with Progrs., 13, 174.
- Shanmugam, G. ve Lash, G.G., 1982, Analogous tectonic evolution of the Ordovician foredeeps, southern and central Appalachians: Geology, 10, 562-566.
- Smith, N.D., 1967, A stratigraphic and resedimentologic analysis of some Lower and Middle Silurian clastic rocks of the North-central Appalachians: Ph. D thesis, Brown University, 195 s., yayınlanmamış.
- Socolow, A.A., 1980, Geologic map of Pennsylvania: Commonwealth of Pennsylvania Topographic and Geologic Survey, 3 sheets.
- Steckler, M.S. ve Watts, A.B., 1978, Subsidence of the Atlantic-type continental margin off New York: Earth and Planet. Sci. Letts., 41, 1-13.
- Taylor, S.R. ve Toksöz, M.N., 1982, Crustal structure of the northeastern United States: contrasts between Greenville and Appalachian Provinces: Science, 208, 595-597.
- Van der Plas, R. ve Tobi, A.C., 1965, A chart for judging the reliability of point counting results: Am. J. Sci., 263, 87-90.
- Van der Voo, R., 1982, Pre-Mesozoic paleomagnetism and plate tectonics: Annual Rev. Earth Planet. Sci., 10, 191-220.
- Williams, H. ve Max, M.D., 1980, Zonal subdivision and regional correlation in the Appalachian - Caledonian orogen; Wones, D.R., ed., The Caledonides in the U.S.A. de: Blacksburg, Dept. Geo. Sci., Va. Polytech. Inst./State Univ., Memoir 2, 57-62.
- Yeakel, L.S., Jr., 1962, Tuscarora, Juniata, and Bald Eagle paleocurrents and paleogeography in the Central Appalachians: Geol. Soc. Am. Bull., 73, 1515-1539.

Yazının Geliş Tarihi : 15.3.1985

Düzeltilmiş Yazının Geliş Tarihi : 23.11.1985

Yayıma Verüdüğü Tarih : 25.1.1986