

TORTUL İSTİFLERDEKİ KIRMIZI TABAKALARIN KÖKENİ

Origin of Red Beds in Sedimentary Sequences

Hükmü ORHAN Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü,
KONYA

ÖZ: Tortul istiflerdeki kırmızı tabakaların kökeni hakkında iki görüş vardır. Birinci görüşe göre çökellere kırmızı rengi veren hematit, detritik olarak çökme havzasına taşınmıştır. İkinci görüşe göre ise hematitin, çökeller içindeki demir içerikli tanelerin ayrışmasının bir ürünü olarak geliştiği şeklindedir.

Gerek tropikal, gerekse arid iklimlerin egemen olduğu bölgelerdeki güncel çökellerin kırmızı olmadıkları gözlenmiştir. Bu bölgelerdeki daha yaşlı çökellerde ise kırmızılanma derecesi yaşa bağlı olarak artmıştır. Bu da tortul istiflerdeki kırmızılanmanın depolanma öncesinden çok, depolanma sonrası işlemlerle olduğu görüşünü kuvvetlendirmiştir.

Demir içerikli herhangi bir mineral, pigmentleşme içinde potansiyel bir kaynak olabilir. Ancak, bir istifteki kırmızı tabakaların gelişebilmesi, hematit oluşumu ile oluşan hematitin korunmasını sağlayacak taneler arası ortamın kimyasının uygun olmasına bağlıdır.

Kırmızı tabakalar tek başlarına kesin bir iklim belirticisi olarak kullanılmamalıdır. Bu tabakaların çökmesi anındaki iklim koşullarının yorumlanması, fauna ve flora içerikleri, coliyen kumtaşları ve evaporitlerle olan ilişkileri beraberce yapılmalıdır.

ABSTRACT: There are two hypothesis about the origin of red beds. The first one contends that the hematite is detritally derived from lateritic soils. The second one espouses the view that the hematite is formed authigenically from alteration of iron bearing minerals.

It has been observed that recent sediments from arid and tropical climate are not red. They redden with time and the degree of reddening take place with post depositional processes rather than predepositional processes.

Any iron bearing mineral is a potential source for hematite pigment. However, the formation and preservation of red beds takes place if the chemistry of the interstitial environment is suitable.

Red beds by itself should not be used as climate indicator. In order to make an interpretation about the climate during deposition, the flora, fauna and relations of red beds with the colian sandstone and evaporite should be searched.

GİRİŞ

Jeoloji tarihi boyunca çökelmiş tortul istifler içinde yaygın olarak gözlenen kırmızı tabakaların kökeni, kaynağı ve çökelmeleri sırasındaki iklim şartları, uzun zaman tartışma konusu olmuştur.

Tortul istiflerdeki kırmızı tabakaların nasıl oluştuğu hakkında iki karşıt hipotez vardır. 1940'lı yılların sonlarında yaygın bir görüş olmaya başlayan birinci hipoteze göre, sedimanlara kırmızı rengi veren hematit, tropikal ya da subtropikal

bölgelerdeki lateritik topraklardan kırıntılar şeklinde sedimanlar içine taşınmıştır (Krynine, 1949; Van Houten, 1964).

Walker (1967, 1074, 1976, 1979) tarafından ortaya atılan Turner and Ixer (1977) ve Pittman (1979) tarafından desteklenen ikinci hipotezde ise kırmızı tabakalardaki hematitin demir içeren minerallerin yerinde ayrışması ile oluştuğu ve dolaşısıyla otijenik bir kökeni olduğu savunulmuştur.

Jeolojik kayıtlardaki kırmızı tabakalı istiflerin büyük bir çoğunluğu karasal çökeller olup genellikle çoğu benzer özelliklere sahiptir. Bu özellikleri nedeniyle, kırmızı tabakaların benzer süreçlerle oluştuğu görüşü ortaya atılmıştır (Walker, 1976). Jeolojik kayıtlardaki kırmızı tabakalı istiflerin benzer özellikleri şunlardır:

1 - Bu istifler, genelde tipik olarak orojenik hareketlerle ilişkili çökellerdir ve feldspat içerikleri oldukça yüksektir.

2 - Kırmızı tabakalı istifler yüzlerce metreden binlerce metreye değişen kalınlıklar ile ve binlerce Km² lik bir yayılım alanına sahiptirler.

3 - Bu istifler karakteristik olarak havzaya doğru yanal olarak fluviyal kumtaşlarına ve en son olarak da deniz sahili ya da playa-göl ortamlarını belirten ince taneli çökelere geçen kenar fanglomerallerinden oluşur.

4 - Çoğu klasik tabakalı istifler, ya kalın ve geniş alanlara yayılmış evaporitik çökeller içerirler, ya da onlarla ilişkilidirler.

Tortullara kırmızı rengi veren pigment, hematit mineralidir. Kırmızı tabakalardaki hematit pigmenti için aşağıda açıklanan çeşitli kaynaklar önerilmiştir:

1 - İleri derecede ayrılmış kırmızı tropikal topraklardan direkt olarak taşınan detritik hematit (Krynine, 1949; Chukhrov, 1973).

2 - İleri derecede ayrılmış topraklardan taşınan sarı ve kahverengi detritik demir oksitlerin yerinde diyajenetik süreçlerle hematite dönüştürülmesi (Van Houten, 1973).

3 - Demir içeren detritik silikat minerallerin yerinde ayrışması sonucunda diyajenetik süreçlerle oluşan otijenik hematit (Walker, 1967, 1974, 1976, 1979).

4 - Yaşlı kırmızı tabakalardan yeniden işleme ile taşınan detritik hematit (Walker, 1974).

5 - Yukarıdaki işlevlerin iki yada daha fazlasının birleşiminin bir ürünü olarak.

KIRMIZI TABAKALARIN OLUŞUMU

Diyajenetik problemlerle uğraşırken gözönünde bulundurulması gereken kavram, mineral duraylılık kanunudur; "**Mineraller sadece içinde oldukları ortamlarda duraylıdır**". Başka bir deyişle, bir mineralin oluştuğu ortamda bir değişiklik olursa, bu mineralin bu ortamda dengede olması olası değildir. Bundan dolayı mineral, yeni ortamda duraylı olacak şekilde değişmeye

eğilim gösterir. Bu ilke, tüm dünyada yüzey ayrışması işlevlerinin açıklanmasında kullanılmaktadır. Fakat, bu gerçeğin hareket halindeki yeraltı suyu için de geçerli olacağı, çok az sayıda jeolog tarafından benimsenmiştir.

Kırmızı tabakalardaki hematitin kaynağı olan ferromagnezyumlu silikatlar, feldspat vb silikat mineralleri, sıcaklık ve basıncın yüksek olduğu, O₂, CO₂ ve H₂O gibi bileşenlerin bulunmadığı bir ortamda oluşurlar. Bu mineraller, sıcaklık ve basıncın düşük, O₂, CO₂ ve H₂O'nin genelde bol olduğu su tablasının gerek altında ve gerekse üstündeki ortamlarda dengede değildir. Dolayısıyla ayrışmaya eğilimlidirler.

Çökeller içindeki duraysız silikat minerallerinin ayrışmasını sağlayan birincil işlev hidrolizdir ve su, bu ayrışmanın gerçekleşmesi için gerekli olan tek ayıraçtır.

Demirce zengin silikat minerallerinin ayrışması sonucunda açığa çıkan Fe iyonlarının hematit olarak çökebilmesinde çökeltme ortamının pH ve Eh'si önemli rol oynamaktadır. Eh ve pH'a bağlı olarak hematitin duraylılık alanı Şekil 1'de gösterilmiştir. Bu diyagram jeolojik şartlara uygulandığında, tanelerarası hidrolizle serbest kalan demir, suyun Eh ve pH'sına bağlı olarak, ya ferrous (Fe⁺²) olarak çözeltili içinde kalır ya da ferrik oksid halinde çökeltir.

Eğer tanelerarası ortam ferrous (Fe⁺²) iyonların duraylılık alanı içinde kalırsa, Fe iyonları ya çözeltili içinde kalarak tanelerarası su ile göçeder, yada Fe⁺² içeren mineraller (pirit, siderit ve kil mineralleri) şeklinde çökeltirler. Bu şartlardaki bir ortamda, çökeller gri ya da, açık yeşilimsi gri renge sahiptirler.

Diğer taraftan eğer tanelerarası ortamdaki suyun pH ve Eh'si hematitin duraylılık alanında ise, ayrışmayla serbest kalan Fe, tanelerarasında hematit şeklinde çökeltir. Hematitin çökeltmesiyle birlikte bu ortamdaki çökeller zamanla kırmızılaşırlar. Bir ortamdaki tanelerarası suyun kimyası sonsuza dek aynı kalmaz. Ortamın Eh ve pH'ında zamanla değişmeler olabileceğinden, daha önceden kırmızı olan çökeltilerin ağarmasına, ya da daha önceleri gri renkte olan çökeltilerin kırmızı bir renk almasına neden olur.

Örneğin, tanelerarası ortamın hematit duraylılık alanından Fe⁺² iyon duraylılık alanına kaydıracak kadar fazla bir Eh, yada pH düşmesi, ayrışma ile açığa çıkan demirin çözeltilide kalmasına ve daha önce çökeltilmiş otijenik hematitin çözülmesine neden olur. Bu şartlarda kırmızılaşma olayı durur ve

daha önce kırmızılaşmış çökellerde de renklerini kaybetmeye başlarlar.

Buna karşın ortamın pH ve Eh'si, Fe⁺² alanından hematit alanına geçecek şekilde yükselmesi halinde, yukarıda açıklanan olayın gelişmesini ters yönde etkiler. Diğer bir deyişle, ayrışma ile açığa çıkan ve/veya çözelti içinde bulunan demir, hematit olarak çökelecektir ve gri renkli olan çökeller kırmızı bir renk almaya başlayacaklardır.

Kırıntılı çökeller çökeldiklerinde kırmızı değildir (Walker, 1976). Kırmızılanma süreci çökelden hemen sonra başlar. Kil mineralleri dahil, demir içeren kırıntılı tanelerin ayrışması ile açığa çıkan demirden hematit oluşumu, çökelden sonraki herhangi bir dönemde gerçekleşebilir. Bu durum, tanelerarası suyun Eh ve pH değerlerinin, hematit duraylılık alanında kalmasına bağlıdır. Hematit oluşumu, tüm Fe içeren duraysız minerallerin tamamen ayrışmasına, ya da ayrışmanın, çökellerin çimentolanmasıyla durmasına kadar devam eder.

Farklı yaşlardaki kırmızı tabakalar incelenildiğinde, pigment gelişiminin dereceli bir şekilde kendini gösterdiği belirlenir (Walker, 1976). Çökellerin kırmızılığı, pigmentlerin dereceli gelişmesinin hangi evrede olduğunu belirtir. Gelişmenin en erken safhasında Genç Tersiyer ve Pleistosen yaşlı çökellerde olduğu gibi, hematit pigmentleri, gerek X-ray analizleri, gerekse SEM çalışmaları ile tayin edilemeyecek şekilde kırmızı renkli amorf ferrik oksitlerden ibarettir. Bu safhada çökeller tipik olarak kırmızımsı sarı renktedir. Gelişmenin orta safhalarında, Miyosen yaşlı çökellerde olduğu gibi, oldukça ince taneli kristallenmiş hematit oluşmaya başlar. Hematit kristalleri gerek X-ray, gerekse SEM çalışmalarında belirlenebilir. Bu safhadaki çökeller, çok açık kırmızı renktedir. Gelişmenin ilerleyen evrelerinde, Triyas yaşlı çökellerde olduğu gibi, yeniden kristallenmeyle birlikte ince taneli kristaller daha iri taneli hematit kristallerine dönüşürler ve çökeller kırmızımsı kahverengiden koyu kırmızıya değişen renklerde olurlar.

Çökeller içindeki ferromagnezyumlu tanelerin ayrışması, tanelerarası suyun kimyası, mineraloji, çökellerin dokusu, yeraltısu çevriminin özelliği ve çimentolanmanın zamanı, şekli ve yoğunluğu gibi oldukça çok sayıdaki değişken tarafından etkilendiğinden, hematitin gelişme evreleri arasında kesin bir yaş sınırı çizmek olası değildir.

Sonuç olarak, pigment gelişmesine sebep olan ayrışma her yerde aynı anda başlamaz. Pigment gelişmesi; formasyondan formasyona, hatta bir for-

masyon içinde bir noktadan diğer bir noktaya ve bir dönemden diğer bir döneme değişebilir niteliktedir.

Dünyadaki önemli kırmızı tabakalı istiflerin geniş evaporit çökelleri ile beraber bulunduğu bilinmektedir. Evaporit çökelleri beraber buldukları kırmızı tabakaların kökeninin tanımlanmasında oldukça önemlidir. Çünkü, evaporitler bölgesel olarak depolanma esnasında arid iklimin egemen olduğunu açıkça gösterirler.

Evaporit ve kırmızı tabakaların beraber bulunması, tüm kırmızı tabakaların çöl ortamlarında oluştuğunu ispatlamaz. Ancak kırmızı tabakaların oluşması için özellikle arid iklimlerin uygun olduğunu belirtir (Walker, 1976).

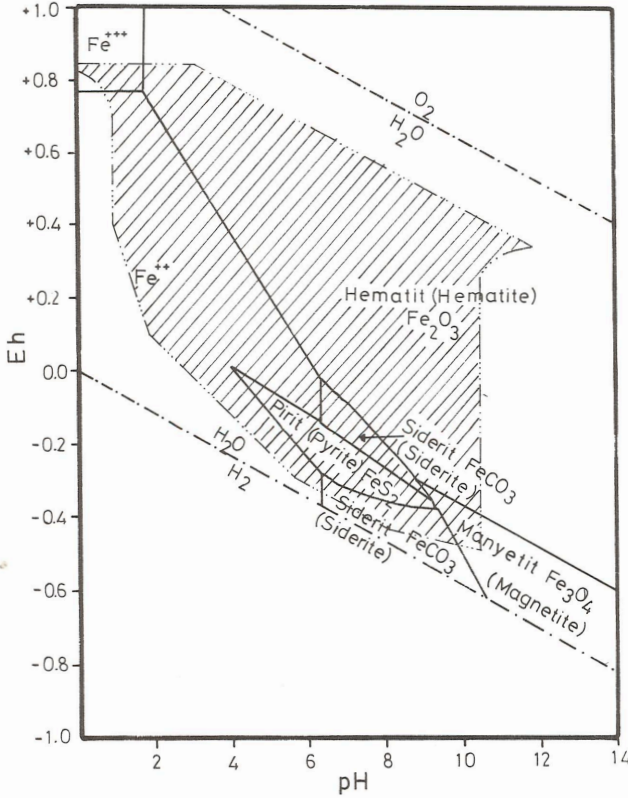
Bölgesel kuraklıktan dolayı, kaynak bölgesinde oluşan taneler, çok az bir kimyasal ayrışmaya uğrar. Bundan dolayı, kaynak bölgesindeki duraysız silikat mineralleri, kaynak bölgesinden çökeltme ortamına aşırı derecede ayrışmaya uğramadan taşınırlar ve orada depolanır. Çökeltme ortamında duraysız silikat minerallerin, yüzeyel ayrışmalarla tahrip edilmeleri olası değildir. Çünkü, jeolojik ölçekte havzadaki çökellerin depolanması süreklilik gösterir. Bunun sonucu olarakta, çökelen sedimanlar daha sonra genç çökeller tarafından örtülür. Bundan dolayı, havzada çökelen tortulların yüzeyel etkilerle ileri derecede tahrip edilmeye zaman bulamadan genç çökellerce örtülür ve gömülürler. Dolayısıyla, çöl ortamlarının, çökelen sedimanlar içindeki duraysız minerallerin kimyasal ayrışmasını önleyen ideal bir konumu vardır. Çökeller içindeki minerallerin ayrışması çökelden sonra 10'larca milyon yıl sürebilir. Walker (1976). Amerikanın güneybatısında, günümüzden 9 ile 26 milyon yıl öncesi bir zaman aralığında çökelen Hayner Ranch formasyonundaki kırmızı tabakalar içinde kısmen çözünmüş ojit ve hornblend artıklarının yaygın olduğu gözlenmiştir.

Kırmızı tabakalar içindeki hematit pigmentlerinin diyajenetik kökenli olduğunu savunanların diğer önemli bir kanıtı da, bu çökeller içinde özşekilli hematit kristallerinin yaygın olarak bulunmasıdır. Yaşlı kırmızı tabakaların bazılarında hematit kristalleri, ince kesitte mikroskop altında görülebilecek büyüklüktedir. Fakat, çoğu durumlarda hematit kristalleri ancak SEM kullanılarak belirlenebilmektedir.

Ortamsal faktörlerdeki lokal ve bölgesel değişiklikler, çökellerin farklı şekillerde renklenmelerine neden olabilirler. Çoğunun birbirleriyle ilişkide olduğu faktörler ve bunların renk oluşumu üzerindeki etkileri aşağıda özetlenmiştir;

1 - Kaynak Kayaçlarda demir içeren duraysız minerallerin varlığı: Duraysız ferromagnezyumlu silikat minerallerden özellikle ojit ve hornblend, çökellerdeki pigmentler için önemli bir demir kaynağı olabilir. Diğer şartların aynı kalması durumunda ojit ve hornblendce zengin kaynak kayaçlardan gelen çökeller, bu minerallerce kıt olan ana kayaçlardan gelen çökellerden daha hızlı bir şekilde kırmızılaşırlar.

2 - Ortamda bulunan su miktarı: Kırmızılaşma işlevinde su, üç açıdan önemli rol oynar: a) Demir içerikli minerallerin kimyasal hidrolizi için ortam oluşturur ve açığa çıkan demirin oksit



Şekil 1 Yaygın demir minerallerinin duraylılık alanlarını gösteren Eh-pH diyagramı. Çözünmüş karbonatın toplam aktivitesi 1M, çözünmüş kükürtün toplam aktivitesi 10^{-6} M ve çözünmüş demirin toplam aktivitesi 10^{-6} olarak kabul edilmiştir. Taralı alan, doğal ortamlarda ölçülen Eh ve pH limitlerini gösterir (Carrels ve Christ, 1965'den)

Figure 1 Eh-pH diagram showing stability fields of common iron minerals. Total activity of dissolved carbonate, 1M, of dissolved sulfur, 10^{-6} and of dissolved iron, 10^{-6} is assumed. Shaded area shows the measured limits of Eh and pH in natural environment (after Garrels and Christ, 1965).

boyayıcı olarak çökmesini sağlar, b) Gerek çökellerin sağlandığı bölgede, gerekse çökellerin depolandığı yerde, havadaki ve çökellerin yüzeyindeki kil minerallerinin mekanik olarak çökel içine filtrelenmesini sağlar, c) Bitki örtüsünün gelişmesine yardım eder. Bitki gelişmesi, çökellerin duraylı olmasını ve çökellerin aşınmadan korunmasını sağlar. Böylece tortulların, kırmızılaşma için oldukça uygun olan bir ortamda uzun süre kalması sağlanır. Deniz ile sınırı olan kumullarda kırmızılaşmanın hızı, sahil boyunca nem oranının fazla olmasından dolayı çöl içlerine göre daha yüksektir. Bir ortamdaki nemin kaynağı, yağmur, çığ ya da yeraltı suyudur.

3 - Zaman: Kırmızı tabakalardaki pigmentlerin kaynağı olan ferromagnezyumlu silikat mineralleri ve kil minerallerinin ayrışması için belirli bir zamana gereksinim vardır. Tam bir kırmızılaşma süreci, onlarca milyon yıl sürebilir. Kırmızılığın belirli bir derecesine ulaşmak için gerekli zaman, nem oranının artmasıyla kısalmır.

4 - Tane boyu ve şekli: Çökeller taşınırken, iri taneler ince tanelere oranla daha hızlı bir şekilde aşındırılır. Bundan dolayı iri taneler, daha iyi yuvarlaklaşır ve tane şeklindeki orijinal düzensizliklerin sebep olduğu girinti-çukurlukların sayısı ve boyutları azalır. Taneleri kaplayan demiroksit, eğer aşındırmadan korunabilirse tane kaplaması, iri taneli kumların yüzeyinde ince taneli kumların yüzeyine oranla daha az bulunur.

Çok ince taneler çok yavaş olarak aşınırlar, ya da hiç aşınmazlar. Bundan dolayı, tane yüzeyindeki orijinal düzensizlikler korunur. Bu taneler demir oksitle bir defa boyandımı, öyle kalmaya eğilimleri vardır. Bundan dolayı, kumullarda ince taneli kumlar, daha çok kille sıvanmıştır, daha çok pigment içerir ve iri taneli kumlardan daha kırmızıdır.

5 - Taşınma uzaklığı: Taşınma uzaklığı, çökellerin kırmızılaşmasında zaman parametresiyle aynı etkiye sahiptir. Taşınma uzaklığının artması normal olarak kırmızılaşma için gerekli materyali sağlayan ayrışma süreci için gerekli zamanı uzatır.

6 - Kum taneleri üzerindeki kaplamalardaki kil minerallerinin tipi: Demir, kil minerallerinin kristal yapıcısı olarak, ya da kil mineralleri yüzeylerinde sıvanmış olarak taşınır (Carroll, 1958). Bu demir, kil minerallerinin dengede olamayacağı meteorik sular ile bulunduğu anda, ayrışma süreçlerinin etkisi sonucunda serbest hale geçer. Çöl ortamlarında tanelerarası suyun (nemin) Eh ve pH'i yüksek olduğundan, ayrışma ile açığa çıkan demir hemen çökler. Tane yüzeyinde sıvanma şeklinde yer alan killerin ayrışmasıyla ortaya çıkacak demirin miktarı; kısmen kil kaplaması

içinde bulunan kil minerallerinin cinsine bağlıdır. Çünkü, kil minerallerinin, kristal kafeslerinde demir bulundurma özellikleri aynı değildir (Carroll, 1958).

7 - Yaşlı kırmızı tabakalardan taşınan kum tanelerinin oranı: Bu tip çökeller bölgesel olarak önemli olabilir. Fakat, buldukları yerden uzaklara taşındıkça gerek çözünme, gerekse diğer çökellerle karışmaları sonucu renklerinin koyuluğu azalır.

SONUÇLAR

Kırmızı tabakaların, iklime bağlı kalmadan aşağıdaki şartların varlığı halinde herhangi bir yerde ve zamanda oluşmaları olasıdır.

1- Anakayaç içinde ilmenit, manyetit, volkanit kayaç parçacıkları ve demirli silikat mineralleri gibi demir içeren kırıntılı tanelerin bulunması,

2- Demir içerikli tanelerin ayrışmasına uygun çökeltme sonrası şartlarının varlığı,

3- Tanelerarası ortama ait Eh-pH değerlerinin ferrik (Fe^{+3}) oksitlerin oluşumuna uygun olması,

4- Tanelerarası ortamın, ferrik oksitlerin oluşumunu izleyen indirgen bir ortama dönüşmemesi,

5- Demir içerikli tanelerin ayrışmaya uğraması için gerekli şartların, yeterli bir zaman aralığı boyunca değişmemesi,

6- Ortamın oldukça sıcak bir karaktere sahip olması.

Hematitin oluşabileceği ve oluşan hematitin korunabileceği şartların denetiminde, iklimin rolünün ne olduğu konusunda fazla birşey bilinmedikçe, kırmızı tabakalar, herhangi bir iklim tipinin belirticisi olarak kullanılmamalıdır. Diğer bir deyişle, kırmızı tabakalar tek başlarına nemli tropikal ortamların, yada arid iklimlerin kesin bir belirticisi değildir. Evaporitlerle ilişkili kırmızı tabakalar içindeki hematit pigmenti, olasılıkla arid bir iklimde çökelmeyi izleyen bir dönemde gelişmiştir. Fakat çökeltme ortamında etkili olan kuraklık, hematit pigmentinin varlığıyla değil, evaporitlerle beraber bulunmasından kaynaklanmaktadır.

Kırmızı tabakalar içindeki hematitin varlığı, iklim faktörü dikkate alınmadan tanelerarası ortamın Eh ve pH'nın belirlenmesinde oldukça yararlıdır.

DEĞİNİLEN BELGELER

Carroll, D., 1958, Role of clay minerals in the transportation of iron; *Geochim. et Cosmochim Acta*, v. 14, p. 1-27.

Chukhrow, F.V., 1973, On mineralogical and geochemical criteria in the genesis of red beds; *Chemical Geology*, v. 12, p. 67-75.

Garrels, R.M. and Christ, C.L., 1965, *Solutions, Minerals and Equilibria*; Harper & Row, New York, 459 pp.

Krynine, P.D., 1949, Origin of red beds; *New York Acad. Sci. Trans. Series 2*, v. 11, p. 60-68.

McBride, E.F., 1974, Significance of color in red, green, purple, olive, brown and gray beds of Difunta Group, Northeastern Mexico; *Jour. of Sed. Petrology*, v. 44, no. 3, p. 760-773.

Pittman, E.D., 1979, Recent advances in sandstone diagenesis; *Ann. Rev. Earth and Planetary Sciences*, v. 7, p. 39-62.

Turner, P. and Ixer, R.A., 1977, Diagenetic development of unstable and stable magnetization in the St. Bees Sandstone (Triassic) of Northern England; *Earth and Planetary Science Letter*, v. 34, p. 113-124.

Van Houten, F.B., 1973, Origin of red beds a review: 1961-72; *Ann. Rev. Earth and Planetary Sciences*, c. 1, p. 39-61.

Walker, T.R., 1967, Formation of red beds in modern and ancient deserts; *Geol. Society of America Bull.*, v. 78, p. 353-368.

Walker, T.R., 1974, Formation of red beds in moist tropical climates: A hypothesis; *Geol. Soc. of America Bull.*, c. 85, p. 633-638.

Walker, T.R., 1976, Diagenetic origin of continental red beds; in R. Falke, (Editor), *The Continental Permian in Central West and South Europe*; NATO ASI Series C, Mathematical and Physical Sciences, c. 22, h, 240-282.

Walker, T.R., 1979, Red color in dune sand; *U.S. Geological Survey Professional Paper 1052*, p. 61-81.