

Yerbilimi eğitimi: genel bakış

Chris King*

School of Public Policy and Practice: Education, Keele University, Staffordshire, UK

(Received 29 September 2007; final version received 28 May 2008)

Tercüme eden : Hükmü ORHAN

Yerbilimi eğitim yayınları, müfredat geliştirme, mesleki gelişim ve araştırma için gelecekteki yönleri belirlemek için yedi alanda incelenmiştir. İnceleme şunu göstermektedir: yerbilimi çalışmalarını geniş olarak kapsayan etkili öğretim yöntemlerinin hala kapsamlı olarak araştırmaya ihtiyaç vardır; Yer bilimine sistem yaklaşımlarının öğretilmesi için bazı değerli materyaller geliştirilmiş olsa da, bunların farklı müfredat bağlamlarında değerlendirilmesi gerekir; yerbilimde mekânsal farkındalığı öğretmek için farklı metodolojilerin daha yaygın olarak uygulanması ve araştırılması gerekir; jeolojik zamanın etkili öğretimi için yaklaşımlar daha da geliştirilmeli ve test edilmelidir; yerbilimi arazi çalışmasına yönelik yaklaşımların geliştirilmesi ve değerlendirilmesi için pek çok alan vardır; yerbilimi konusunda yanlış kanılar yaygındır ve daha fazla tanımlama ve inceleme gerektirir ve yerbilimi eğitiminde mesleki gelişimin etkililiğine yönelik çalışmalar, sınıf içindeki etkileri de dahil olmak üzere daha geniş çapta uygulanmalıdır. İnceleme, yerbilimi eğitiminin en etkili şekilde şu yollarla ilerleyeceğini göstermektedir: yerbilimi öğrenimini tüm çocuklara yaymak; yeni müfredat girişimlerinin etkili bir şekilde uygulanması konusunda öğretmenleri eğitmek; girişimlerin ilerlemesini değerlendirmek ve sonuçları iyileştirmek için kullanmak ve etkinliğini göstermek ve sağlam temellere dayanan araştırma bulguları temelinde geniş yayılım sağlamak için tüm süreci araştırmak

Anahtar Kelimeler: yerbilimi; jeoloji; Yeryuvarı bilimi; Eğitim; okul seviyesi; Araştırma

1. Hedefler

Bu makalede, yerbilimi eğitimi ile ilgili geniş bir araştırma literatürü gözden geçirilmiştir. Yerbilimleri eğitimi, dünya çapında birçok ülkedeki okulların fen eğitimi içinde giderek artan bir önem kazanmaktadır. Bu ilginin artması göz önüne alındığında, bu alandaki araştırmanın ayrıntılı bir bilimsel analizine acil ihtiyaç vardır.

İnceleme, yerbilimini ayrı bir müfredat konusu haline getiren beş konuya odaklanıyor - bunlar:

- yerbilimi düşüncesinin belirli metodolojileri;
- bütünsel sistemler perspektifi;
- yer bilimsel mekânsal yetenekler;
- jeolojik zamanın anlaşılması ve
- yerbilimsel arazi çalışmasının metodolojileri ve nitelikleri.

Aşağıdaki konular da kapsamaktadır:

- yerbilimdeki yanlış anlamaların analizi ve
- yerbilim öğretmenleri için mesleki gelişim çalışmaları.

Bu alanların her biri yerbilimi eğitimi için belirli konular oluşturur. Bu nedenle, her alan için araştırmanın ana hatları çizilerek müfredat geliştirme, mesleki gelişim ve araştırmada gelecekte yapılacaklar için öneriler yapılmıştır. İnceleme, büyük ölçüde okullarda ve kolejlerde 5-19 yaş arası öğrenciler için formal yerbilimi eğitimine odaklanmıştır.

Bağlam

2.1. Jeoloji

'Yerbilimi; Geoscience', Yer bilimleri için nispeten yeni bir terimdir ve bu makalenin odak noktası olarak kullanılmaktadır. Atmosfer ve okyanuslar, jeomorfoloji ve topraklar gibi yer bilimi çalışmasının daha geniş unsurları, bu incelemeden büyük ölçüde hariç tutulmuştur.

Okullarda öğretilen yerbilimin adı ve karakteri hakkındaki tartışmalar devam etmektedir. 1960'larda ve 1970'lerde, en azından Batı'da, genel olarak 'jeoloji' olarak adlandırılıyordu, ancak o zamanlar bile konu için 'Yer Bilim'ini içerecek daha geniş bir özet hakkında tartışmalar vardı (Amerikan Jeoloji Enstitüsü, 1967; Heller, 1962; Thompson, 1979). Daha sonra, dar bir 'jeoloji' perspektifinden daha geniş bir yaklaşıma geçme ihtiyacı, 1989'da İngiltere 'Jeoloji Öğretmenleri Derneği'nin adının' Yer Bilimi Öğretmenleri Derneği'ne değişmesi ve ABD 'Ulusal Jeoloji Öğretmenleri Derneği'nden 1995'te' Ulusal Jeoloji Öğretmenleri Birliği'ne dönüştürülmesiyle yansımıştır. Son birkaç yıl içinde, eğitim argümanları, yer bilimi ve Yer biliminin ötesine geçerek aşağıda tartışıldığı gibi, Yeryuvarı sistem bilimini - tüm Yeryuvarı sisteminin bir çalışması - destekledi

Yerbilimi eğitimi ve yerbilimi eğitim araştırmalarının incelemeleri ancak nispeten yakın zamanda yapılmıştır. İlk incelemelerden biri Ault (1993) tarafından yapılmıştır. İlk uluslararası yerbilimi eğitimi konferansı, araştırmaya dayalı sunumların sadece küçük bir bileşeniyle 1993'te gerçekleşti (Stow & McCall, 1996). 1997 (Fortner & Mayer, 1998), 2000 (Clark, 1999), 2003 (GeoSciEd VI, 2003) ve 2006 (Hlawatsch, Obermaier ve Martin, 2006) yıllarında düzenlenen uluslararası konferansların araştırma bileşeni o zamandan beri büyüyor, 2000 ve 2004 yıllarında düzenlenen Uluslararası Jeoloji Kongrelerinde yer bilimleri eğitiminde araştırmaya dayalı bazı sunumlar da yapılmıştır. Bu arada, ABD'deki Ulusal Bilim Öğretimi Araştırmaları Derneği'nin konferanslarında yerbilimi eğitim araştırmalarının bazı alanları sunulmuştur.

2.2. Yerbilimi ve yerbilimi eğitiminin beş ayırt edici özelliği

Yerbilimi (Geoscience) ve yerbilimi eğitimi (geoscience education) çalışması, fen bilgisi müfredatının diğer alanlarında veya genel olarak müfredatta yaygın olarak bulunmayan bir dizi düşünme ve araştırma becerisi gerektirir. Özellikle, fen eğitiminde ve başka yerlerde iyi gelişmemiş "hayat boyu eğitimde" anahtar rol oynayan beş eğitimsel özellik vardır:

- Yerbilimi, "... Yorumlayıcı ve tarihsel bir bilim" (Frodeman, 1995, s. 960), geriye dönük düşünme (geçmişin "tahmini"), büyük ölçekli düşünme ve geniş kapsamlı bütünleştirme ve eksik veri kümeleri için gerekli olanlar da dâhil olmak üzere çok çeşitli metodolojileri içerir.
- Yerbilimi, su ve karbon döngüleri ve bunların etkileşimleri ve olumlu ve olumsuz geri bildirim döngüleri gibi başlıca Dünya sistemlerinin dikkate alınmasını içeren, bütünsel sistem düşüncesinin geliştirilmesinde çok önemli bir rol oynar.
- Yerbilimi, üst düzey mekânsal yetenekli düşünme (üç boyutlu düşünme) gerektirir.
- Yer biliminde zaman perspektiflerinin gelişimi, özellikle jeolojik zamana ait olanlar çok önemlidir.
- Yerbilimi arazi çalışması, edinilmesi gereken belirli stratejilere ve metodolojilere sahiptir (bunlar, belirli gözlem ve kayıt becerilerinden, çok yönlü alan bağlamını anlamak için gerekli olan yüksek seviye analiz ve sentez becerilerine kadar uzanır). Bu stratejiler ve metodolojiler, saha bağlamlarında yukarıda listelenen tüm özelliklerin geliştirilmesini içerir.

Yukarıda listelenen beş özellik, araştırma incelemesinin yapısını sağlar. Dünya çapında yer bilimi öğretimine genel bir bakış, bu tartışmalar için bağlam sağlar.

2.3. Dünya çapında Yerbilimi eğitimi

Yerbilimin okul düzeyinde eğitime getirebileceği özellikler, İngiltere’de en erken 1977’den beri tartışılmaktadır (Schools Council Geology Curriculum Review Group, 1977). King, Orion ve Thompson (1995) tarafından özetlenen Birinci Uluslararası Jeoloji Eğitimi Konferansı 1993 yılında gerçekleşti ve dünya çapında yerbilimi eğitimine farklı yaklaşımların tartışılması - ve bir yerbilimi müfredatını uygulamaya yönelik değişik farklı yaklaşımların ortaya çıkarıldığı bir ortam sağladı. 1990’larda İngiltere, İsrail ve ABD’de meydana gelen müfredat değişikliklerinin bir incelemesi (Orion, King, Krockover ve Adams, 1999a, 1999b), her durumda disipline dayalı bilimden bütünleştirici bilime doğru bir hareket olduğunu (1999b, s. 24) ve ulusal bir müfredatın olduğu yerlerde (İngiltere, İsrail) buna yerbiliminin de dâhil edildiğini göstermiştir.

Yerbilimi eğitiminin dünya genelinde okul düzeyindeki mevcut konumu şu şekilde özetlenebilir:

- Yerbiliminin, ulusal bilim müfredatının zorunlu küçük bir parçası olması, örneğin:

- Güney Avrupa'da; "doğa bilimlerinin" bir parçası olup ve genellikle biyoloji uzmanları tarafından öğretilmekte
- İngiltere'de çoğunlukla fen müfredatının kimya bölümü ile birlikte ve genellikle kimya uzmanları tarafından öğretilmekte;
- Japonya, Kore ve Tayvan'da Yer bilimleri ve genel fen bilgisi öğretmenleri tarafından öğretilmekte
- Yeni Zelanda ve Güney Afrika'da normalde genel fen bilgisi öğretmenleri tarafından öğretilir.
- Almanya gibi birçok Kuzey Avrupa ülkesinde olduğu gibi yerbiliminin Ulusal coğrafya dersi müfredatının zorunlu küçük bir parçası olması
- Brezilya, Japonya, Yeni Zelanda, Portekiz, Güney Afrika, Tayvan ve İngiltere'de olduğu gibi bazı yerbilimi konuları içeren zorunlu bilim / coğrafya derslerini takiben bazı öğrenciler için bir yıl veya daha uzun süreli isteğe bağlı ek yerbilimi dersleri mevcuttur.
- ABD ve Kanada'da bazı öğrenciler için isteğe bağlı tamamen yerbilimi konuları içeren, bir yıl veya daha uzun süreli yerbilimleri dersleri mevcuttur.

Birçok Afrika ülkesi gibi bazı ülkelerde, müfredatın herhangi bir alanında çok az yerbilimi öğretilir.

2.4. Yer bilimini öğretmek için stratejiler

Okullardaki etkinlikleri açısından bir dizi farklı yerbilimi öğretim stratejisi değerlendirilmiştir. Chang ve Mao (1999), geleneksel didaktik öğretim ile karşılaştırmalı olarak araştırma-inceleme temelli öğretimin etkililiğini (bilgi toplama, veri toplama ve yorumlama, hipotez oluşturma ve mantıksal sonuçlar çıkarmaya dayalı olarak) test etmiş ve 'araştırma grubundaki öğrencilerin daha yüksek başarı puanları ve konuya yönelik önemli ölçüde daha olumlu tutumlar sergilediğini bulmuştur... '(s. 340). Chang (2001), probleme dayalı, bilgisayar destekli bir öğretim programının yerbilimleri sınıfında öğrenme üzerindeki etkililiğini doğrudan etkileşimli öğretime kıyasla araştırmaya devam etti ve Probleme dayalı, bilgisayar destekli yaklaşımın, katılan öğrencilerin hem başarısında hem de tutumunda önemli ölçüde daha büyük gelişmeler sağladığını gösterdi (Chang, 2003a). Bu probleme dayalı bilgisayar destekli yaklaşımı kullanan öğretmence yönlendirmiş öğrencilerin, yaklaşımı öğretmen tarafından yönlendirilmeyen öğrencilere göre anlamlı derecede daha yüksek başarı ve tutum ölçülerine sahiptir (Chang, 2003b). Bu arada Gudovich ve Orion (2003), laboratuvar ve web tabanlı

etkinliklere dayanan bilgisayarlı bir uzaktan eğitim ünitesinin uzaktan öğrenmede etkili olduğunu ve çoğu öğrencinin bağımsız öğrenme becerilerini geliştirdiğini gösterdi.

Etkinliklerin yerbilimi öğretiminin bir parçası olarak kullanılmasının önemi, Chang ve Weng'in (2002) şu sonuca varan bulgularıyla vurgulanmıştır:

'Sadece problem çözme becerilerinin değil, aynı zamanda süreç becerilerinin, özellikle gözlem ve hipotez oluşturma becerilerinin tüm yerbilimleri müfredatında aşılması önerilmektedir.' (s. 449)

Öğrencilerin yerbilimlerinin farklı konularındaki ilgileri üzerine yapılan son çalışmalar (Trend, 2004, 2005) şunu göstermiştir:

'Çocuklar, jeolojik geçmişte, günümüzde ve gelecekte meydana gelen büyük yer olaylara ve insanlığın geleceği için doğrudan etkileri olan mevcut çevresel değişikliklere büyük ilgi duyuyor. Ayrıca jeolojik geçmişte kademeli (yani tek tip) değişime yönelik tutarlı konu ilgisine sahiptirler. Kızların estetik açıdan hoş olarak algılanan fenomenleri, erkeklerin ise aşırı ve yıkıcı olanları tercih etmiştir. '(S. 271) '

Öğrencilerin çevreye ve insanlığa olan ilgileri Hemmer ve ark. (2006) tarafından belirlenmiştir: "En belirgin sonuç, insan faaliyetleri, günlük yaşam ve çevresel tehlikelerle ilgili konulardaki yakın ilgiydi" (s. 71). Açıkça, bu nedenle, etkili yerbilimi öğretim stratejileri bu öğrencilerin ilgilerini çekecektir.

İngiliz Ulusal Bilim Müfredatına (Nitelikler ve Müfredat Ajansı [QCA], 1999) 'bilimsel araştırma' eklenmesi ve son sürümlerinde (QCA, 2004; QCA, 2004 web sayfası) en çok 'bilimin nasıl işlediği' ile ABD'deki Inquiry ve National Science Education Standards (Ulusal Araştırma Konseyi [NRC], 2000) yayınıyla birlikte örneklendirildiği üzere, tüm çocuklara öğretilen bilime bilimsel araştırmayı dâhil etme hamlesi, yerbilimsel araştırma yöntemlerinin müfredata dâhil edilmesi için iyi fırsatlar sağlamıştır. Bununla birlikte, bu yalnızca öğretmenlerin güçlü yerbilimsel geçmişlere sahip olması durumunda gerçekleşecektir ki bu, geniş bilimin her bir üyesi için geçerli değildir.

2.5. Yerbilimi öğretmenlerine destek

Zorunlu Ulusal Bilim Müfredatı, 1989'da İngiltere'de başlatıldı ve 1992'de tüm öğrencilere ulaştı. Müfredat içindeki oranı dalgalansa da çok az yerbilimleri konusu içeriyordu ve bu sonraki tüm değişikliklerde de kaldı. 1990'ların sonlarında (King, 2001) yerbilim bileşenini öğreten fen bilgisi öğretmenleri için nispeten yeni olan bir anket:

'kendi eğitimlerinde Yerbilimi hakkındaki arka plan bilgilerinin genellikle zayıf olduğunu ortaya çıkardı... Yerbilimi hakkındaki bilgi ve anlayışının ana kaynaklarının geniş kapsamlı bilim ders kitapları (çok az ve değişken Yerbilimi içerikleriyle) ve bilim meslektaşlarıdır (genellikle çok az yerbilimi geçmişleri olan). Kaydedilen düşük seviyeli pratik, araştırma ve arazi çalışması, onların

zayıf yerbilimi geçmişlerinin bir yansıması olabilir. Öğretmenlerin çoğu bu alanda daha fazla desteğe ihtiyaç duyduklarını belirtti. '(S. 636)

Sonraki araştırmalar, o sırada İngiltere ortaokullarında kullanılan 51 fen bilgisi ders kitabının yerbilimi bileşenlerinde ortalama hata düzeyinin sayfa başına bir hata olduğunu, yerbilimi içeriğinin çoğunun değişken veya düşük kaliteli olduğunu gösterdi (King, Fleming, Kennett Ve Thompson, 2003, 2005). Müfredatlara ilişkin daha yakın tarihli araştırmalar kalite açısından iyileşmeler göstermesine rağmen, 14-16 yaşındakiler için müfredatların ve sınavların yerbilimi bileşeninin kalitesi ve hata düzeyi de zayıftı (King, Brooks, Gill, Rhodes ve Thompson, 1999). & Hughes, 2007; King, Edwards ve Hughes, 2004).

Bu arada, American Association for the Advancement of Science, Project 2061, eğitim girişimi kapsamında ABD fen dersi kitaplarının bir incelemesi yapıldı. Bu, öğretmenler tarafından değerlendirilen ders kitaplarının genel olarak zayıf olduğunu (Kesidou ve Roseman, 2002) ve 'yaşam ve yerbilimlerinin değerlendirme puanlarının neredeyse tekdüze zayıf olduğunu' (Stern ve Ahlgren, 2002, sayfa 897). Project 2061 web sitesinde (American Association for the Advancement of Science [AAAS] Project 2061 web sitesinde) yayınlanan ders kitaplarının Yerbilimi unsurlarının derecelendirmeleri, bir dizi öğretim kategorisine göre ölçüldüğünde incelenen metinlerin neredeyse evrensel olarak zayıf olduğunu buldu. Bu sorunun dünyanın diğer bölgelerinde de yaygın olduğu, Arjantin için Sellés-Martinez (2006) tarafından belirtilmiştir: 'Çocuklar için tasarlanmış yedi İspanyolca ders kitabından örnekler (Sellés-Martinez, 2007) aracılığıyla yapılan bir araştırma, mantonun fiziksel durumuna ilişkin endişe verici sonuçlar verdi' (s. 75), Fen ders kitapları fen öğretmenleri ve dolayısıyla fen eğitimi için çok önemli olduğundan (Council for Science and Technology [CST], 2000; Kesidou ve Roseman, 2002, s. 522; Stern ve Roseman, 2004, s. 556), bu çok önemlidir. Fen ders kitaplarının yerbilimi bileşeninin gözden geçirilmesi, yayıncılar üzerindeki gelişmeleri için baskıyı artırıyor.

Yukarıdaki bölümlerde ana hatları verilen eğitim bağlamları, aşağıda yerbilim eğitimi gözden geçirildiği için dikkate alınmalıdır. Bir müfredat yoluyla öğretilen yerbilimi miktarı ne kadar fazla olursa, aşağıda tartışılan farklı yerbilim niteliklerinin geliştirilmesi için kapsam da o kadar büyük olur.

3. Farklı metodolojileri içeren jeoloji eğitimi

Yer biliminin etkili bir şekilde incelenmesi için gerekli olan metodolojiler çeşitlidir ve kısaca özetlemek zordur. Frodeman (1995) jeoloji çalışmayla ilgili bilimsel mantığı gözden geçirmeye çalıştı ve başlangıçta jeolojinin birçok kişi tarafından 'kendine özgü bir metodolojiden yoksun' olarak kabul edildiğini belirtti (s. 960) (Bezzi'nin [1999] bulgularıyla desteklenen bir bakış

açısı, s. 675] fiziğin 'nesnel ve titiz' olmasına karşın, yerbilimin 'öznel ve yaklaşık' olduğunu düşünen üniversite öğrencileri için). Ancak Frodeman (1995) daha sonra, 'yirmi birinci yüzyılda karşılaşacağımız türden sorunlarla yüzleşmek için en iyi akıl yürütme modelini sunan' yorumlayıcı ve tarihsel bir bilim olarak jeolojik muhakemenin ayırt edici özelliklerini (s. 960), küresel ısınma, kaynak değerlendirmeleri (doğal kaynakların arz ve talebi) ve risk değerlendirmeleri, nükleer atık bertarafı için uygun alanların belirlenmesi gibi örnekleri listeleterek açıklamaya devam etti. Baker (1996), yerbilim metodolojilerini özetlemeye çalışırken şunları söylemiştir:

Jeoloji bilimi, uzun süredir içinde yaşadığımız gezegenin gerçek dünyadaki doğal deneyimiyle ilgilenir. Metodolojisi [diğer bazı bilimlerinden] daha doğrudan, tüm insanlara aşına olan sağduyu muhakemesiyle uyumludur. Çalışması soyut genellemelerden ziyade doğanın somut ayrıntılarına odaklandığı için, sonuçları insanları eyleme geçmeye zorlayan algılara ve bu eylemi uygulamak zorunda olan karar vericilerin ihtiyaçlarına daha uygun hale geliyor. '(S.43)

Bezzi (1999), yerbiliminin 'öznel ve yaklaşık' olduğu fikrini çürütür ve şu sonuca varır:

'Jeologlar ve yerbilimi eğitimcileri, yerbilimi eğitimini yalnızca gerçekleri, yasaları ve teorileri öğretmenin ve öğrenmenin ötesine geçmesi gereken bir sürece dönüştürme konusunda büyük sorumluluğa sahiptir; yerbilimin doğasını ve toplumla olan ilişkilerini anlamayı içermelidir '. (s. 696)

Bunun gibi geniş ifadeler, yer bilimine uygun büyüklükte bir pusula verirken ayrıntı sağlamada başarısız olur. Bununla birlikte, yerbilim çalışmasının niteliklerinin yeni bir sentezi (Orion & Ault, 2007, s. 655) aşağıdakileri vurgulamaktadır:

- *tarihsel yaklaşım;*
- Yeryuvarı üzerinde hareket eden *karmaşık sistemler* endişesi;
- *çok büyük ölçekli* fenomenlerin zaman içinde ve mekânda kavramsallaştırılması;
- *görsel temsil* ihtiyacı kadar mekânsal akıl yürütmeye olan yüksek talep;
- sorunlara çözüm *ölçekleri arasında uyum* ve
- *geriye dönük bilimsel düşüncenin* benzersizliği.

Bu nitelikleri öğretmek için etkili metodolojiler, Duschl (1990) tarafından da önerildiği gibi bir bilim tarihi yaklaşımını savunan Dodick ve Orion (2003a) tarafından tartışılmıştır. Bu görüşleri desteklemek için, levha tektoniği bağlamında jeolojik düşüncenin gelişimine dayanan müfredat materyalleri, Portekizli öğretmenler ve öğrencilerden çok olumlu tepkiler vermiştir (Thompson, Praia ve Marques, 2000).

Bu tartışma, etkili bir yerbilim eğitiminin niteliklerini özetlemek zor olsa da, bu nitelikleri tanımlamak ve farklı müfredat yaklaşımlarının ve materyallerinin bunları öğretmedeki etkinliğini analiz etmek için daha fazla araştırmanın gerekli olduğunu göstermektedir.

4. Bütünsel bir sistem perspektifiyle yerbilimi eğitimi

1970'lerde, biyolojik bileşenlerin çok önemli olduğu birbirine bağlı bir sistem olarak tüm Yeryuvarı'nı tasarlayarak Gaia Hipotezi önerildi (Lovelock & Margulis, 1974) ve geliştirildi (Lovelock, 1979). Dünya sistemi üzerine daha fazla çalışma, NASA'nın 1988 Dünya Sistem Bilimi Komitesi raporu (NASA, 1988) tarafından bir araya getirildi. Okul düzeyinde, bu sistem düşüncesi, ABD'li yerbilimciler ve eğitimcilerden oluşan ve Yeryuvarı gezegeni hakkında her vatandaşın anlaması gerektiğini düşündükleri bir dizi hedef ve kavram öneren raporla sonuçlanan bir konferansın temelini oluşturdu (Mayer & Armstrong, 1990). Bu, fen eğitiminin, başka yerlerdeki bilim eğitimi gelişmelerinin esas olarak fizik eğitimcileri tarafından yönlendirildiği endişesinin arka planında gerçekleşti (Duschl, 1990).

Yeni anlayışa dayalı olarak "Yeryuvarı sistemleri eğitimi için bir çerçeve"nin geliştirildiği yeni bir girişim- Yeryüzü Sistemleri Eğitiminde Liderlik Programı (Mayer, 1991) - formüle edildi (Şekil 1). Bu, Yeryuvarı sistem bilimine dayalı olarak müfredata "küresel bilim okuryazarlığı" yaklaşımı için bir öneriye genişletildi (Mayer, 1995, 1997; Mayer ve Kumano, 1999; Mayer ve Tokuyama, 2002). Mayer ve Kumano (1999) tarafından kullanılan bu yaklaşımı destekleyen güçlü argümanlar şunları içerir:

'Mevcut müfredat yenilikleri, temel olarak, fiziksel bilimlerinde üstü kapalı olan indirgemeci bilimin doğası kavramına odaklanmaktadır. Bunlar ... Demokratik ulusların bilim çabalarında önemli olacak "sistem bilimi" yaklaşımlarını" (s. 73) yeterince yansıtmıyor.

Onlar geleceğin çevresel ve sosyal sorunlarının yerbilimi ve biyolojik bilimler tarafından etkin şekilde ele alınacağını ve bunların gelecekte bilimsel araştırmanın ana konuları haline geleceğini savunmuşlardır. Şöyle iddia ediyorlar:

'Birçok alt sistemi içeren ve kendisi de daha büyük bir alt sistemi olan bir sistem olarak dünya kavramı ... dünya çapında fen müfredatının teması olabilecek bir kavramdır ... Mevcut disiplinler yaklaşımlarını ... tüm bilimlerin önemli kavramsal katkılarını onurlandıran kavramsal bir yaklaşım. (s. 89)

Dünya çapında bir dizi eğitim bağlamında "küresel bilim okuryazarlığı" yaklaşımının geliştirilmesi ve uygulanmasına ilişkin bir yorum, Mayer (2002, 2003) tarafından, birkaç ülkede kullanılan farklı stratejilerle ilgili bölümlerle birlikte sağlanmıştır.

Okul düzeyinde Yeryuvarı sistemi bilim yaklaşımlarının uygulanmasına yönelik araştırmalar, öncelikle ABD, İsrail ve Almanya'daki gelişmelere odaklanmıştır. Keşif amaçlı bir çalışma, ABD'li öğrenciler için Yeryuvarı sistemi kavramlarının bilgisinin ve bunların öneminin algılanmasının Koreli öğrencilere göre çok daha yüksek olduğunu göstermiştir (Lee, Kim ve Mayer, 2003). Bu arada Lee ve Fortner (2003), yapılandırmacı temelli bir Yeryuvarı sistemleri içerikli müfredat öğretildiğinde (uygulamalı öğrenme, otantik aktivite temelli öğrenme, işbirlikli öğrenme, proje tabanlı öğrenme ve bilim arazi gezileri kullanılarak) öğrencilerin karşılaştırma öğrenci grubuna göre daha iyi bilgi ve anlayış kazandığını göstermiştir.

Yeryuvarı sistemlerine dayalı bir eğitim programı geliştirmek için yapılan İsrail stratejisi Orion (2002) tarafından özetlenmiştir. Kali, Orion ve Eylon (2003) ve Orion ve Kali (2005), Gudovitch (1997) tarafından önerilen dört aşamalı sistem düşünme becerileri hiyerarşisinden çalıştılar: :

- (1) farklı Yeryuvarı sistemleriyle tanışma ve bu sistemler arasındaki maddi dönüşümün farkında olma;
- (2) bu maddi dönüşüme neden olan belirli süreçlerin anlaşılması;
- (3) sistemler arasındaki karşılıklı ilişkilerin anlaşılması ve
- (4) sistemin bir bütün olarak algılanması.

Onlar, öğrencilerin sistemler hakkındaki düşüncelerini geliştirmedeki ilerlemelerini ölçmek için bir metodoloji geliştirdiler. Onların çalışmaları, kaya döngüsü üzerine sistem tabanlı bir modül üstlenen İsraili öğrencilerin, sistem düşünme becerilerinde gelişmeler gösterdiklerini ve bunların etkili öğretim yoluyla öğrenilebileceğini gösterdi. Hidrolojik döngüyü içeren benzer bir çalışma (Ben-zvi-Assarf ve Orion, 2005), öğrencilerin çoğunun sistem düşünme becerilerinin iyi bir şekilde geliştiğini gösterdi.

Orion (2007), yakın zamanda, bir Yeryuvarı sistemleri bilimi yaklaşımına dayanan fen eğitimine yönelik bir dizi yaklaşımın geliştirilmesindeki ilerlemeyi gözden geçirerek, bunların hem yüksek hem de düşük başarı sağlayan bilim öğrenciler için geleneksel 'herkes için bilim' yaklaşımından çok daha etkili olduğunu bulmuştur. Orion (2007), çocuk merkezli öğretim; kurs içeriğine becerilerin entegrasyonu; bilgi aracı olarak öğretmen; araştırmaya dayalı öğretim; çoklu öğrenim ortamları (sınıf, laboratuvar, açık hava ve bilgisayar); gerçek dünyadan türetilen otantik temelli öğretim; ve yenilikçi değerlendirme gibi yapılandırmacı yaklaşım ile İsrail'de kurulan Yeryuvarı sistemi bilim girişimini özetlemiştir. Tartışılan "herkes için bilim" yaklaşımı, bir Yeryuvarı bilimi bileşeni dâhil olmak üzere geniş ve dengeli bilim öğretimini içeriyordu. Orion (2007), 'Yeryuvarı sistemleri bilimi' yaklaşımının etkililiğini gösteren önceki İsrail

çalışmalarının bir listesini takiben, 11-14 yaşındaki İsraili öğrencilerin biyoloji, kimya ve fizik anlayışında bu şekilde, olmayanlara kıyasla önemli gelişmeler olduğuna dair kanıtlar sundu. Ancak, bu, Yeryuvarı sistemi bilim bağlamına ek olarak, girişime dâhil olan diğer yapılandırmacı unsurlardan kaynaklanıyor olabilir. Tartışılan "herkes için bilim" yaklaşımı, bir yeryuvarı bilimi bileşeni dâhil olmak üzere geniş ve dengeli bilim öğretimini içeriyordu. Orion (2007), 'Yer sistemleri bilimi' yaklaşımının etkililiğini gösteren önceki İsrail çalışmalarının bir listesini takiben, bilimi bu şekilde çalışan 11-14 yaşındaki İsraili öğrencilerin, bu şekilde olmayanlara kıyasla biyoloji, kimya ve fizik anlayışında önemli gelişmeler olduğuna dair kanıtlar sundu. Ancak, bu, Yeryuvarı sistemi bilim bağlamına ek olarak, girişime dâhil olan diğer yapılandırmacı unsurlardan kaynaklanıyor olabilir.

Almanya'daki 'System Erde' (System Earth) grubunun çalışması, Hlawatsch ve diğerleri tarafından (2003), biyoloji, kimya, fizik ve coğrafya disiplinlerine bölünmüş bir eğitim sistemi için Yeryuvarı sistemleri eğitiminde devlet destekli bir program şeklinde olduğunu açıklanmıştır. 'Sistem Erde' yaklaşımı üç adımı içeriyordu: (1) konu analizi (mevcut bilim / coğrafya müfredatının bir analizi); (2) eğitim çerçevesi (temel kavramlar ve öğretim yöntemlerinden oluşan bir sistemin geliştirilmesi); ve (3) deneye dayalı araştırma (öğrenci kavramları, ilgileri ve ayrıca projenin uygulanmasının etkililiği üzerine araştırma) (Hlawatsch & Bayrhuber, 2006). Bu yaklaşım, hem ortaokul (lise) hem de ilkokul (ilkokul) öğrencileri için CDROM'larda derlenen bir dizi öğretim biriminin gelişimini destekledi. 2006 yılına kadar Lüken, Hlawatsch ve Raack şu yorumlarda bulunabildiler:

"Çalışmanın sonuçları," Sistem Yeryuvarı "öğretim materyalinin ortaokul sınıfları için uygunluğunu doğruladı. Bu materyaller ile eğitilen öğrenciler, (jeo) bilim konularına önemli ölçüde daha fazla ilgi gösterdi ve bu konular hakkında kontrol koşulundaki öğrencilere göre önemli ölçüde daha fazla bilgi sahibi olduğunu gösterdi. Ek olarak, sistem yetkinlik derecesi de önemli ölçüde daha yüksekti... '(s. 81)

Bu arada Sommer (2006) şunları kaydetti:

"Alman" Sistem Yeryuvarı - ilkokul "projesinde ilkokullar için yeni geliştirilen öğretim materyallerinin değerlendirilmesi [gösterdi]ki ilkokul öğrencilerinin bile sistem yeterliliğinin başlangıcı olduğunu gösteriyor ..." (s. 79)

Mesleki gelişim yoluyla 'Sistem yeryuvarı' materyallerinin uygulanmasına ilişkin bir vaka çalışması, aşağıdaki faktörlerin kritik olduğunu gösterdi: öğretmenlerin materyalleri kullanmak için hedeflerini netleştirmesi; sağlanan aralıktan uygun malzemelerin seçimi için stratejiler uygulanmalıdır; ve malzemelerin yerel bağlamlarda kullanılmak üzere geliştirilmesi gerekir (Hansen, Hlawatsch ve Lücken, 2007).

Yukarıda açıklanan okul düzeyindeki gelişmelere paralel olarak, ABD'de lisans düzeyinde bir Yeryuvarı sistemleri bilimi yaklaşımı düşünülüyordu. Fen eğitiminde üç anahtar belgenin yayınlanmasının ardından: Geleceği Şekillendirmek, Fen, Matematik, Mühendislik ve Teknolojide Lisans Eğitimi için Yeni Beklentiler (Ulusal Bilim Vakfı, 1966); Analizden Eyleme: Fen, Matematik, Mühendislik ve Teknolojide Lisans Eğitimi (NRC, 1996a); ve Ulusal Bilim Eğitimi Standartları (NRC, 1996b), Amerikan Jeofizik Birliği tarafından Yeryuvarı sistem bilimine odaklanan bir çalıştay düzenlendi. Çalıştay raporu (Ireton, Manduca ve Mogk, 1996) tartışmayı yedi temel soru etrafında özetledi: Eğitim için neden bir Yeryuvarı sistemi bilimi yaklaşımı kullanılıyor? Bir Yeryuvarı sistemi bilim müfredatında ne öğretilmelidir? Dünya sistem bilimini nasıl öğretmeliyiz? Araştırma ve eğitimi nasıl entegre etmeliyiz? Reformu teşvik etmek için akademik kültürü nasıl değiştirebiliriz? Yeryuvarı ve uzay bilimlerinde öğrencilerin çeşitliliğini, işe alımını ve kalıcılığını nasıl artırabiliriz? K – 12 eğitiminde yaşam boyu öğrenmeyi, profesyonel eğitimi ve Yeryuvarı ve uzay bilimlerinde halka ulaşmayı nasıl teşvik edebiliriz? Rapor, Şekil 2'de özetlenen dört ana temayı belirledi.

Yeryuvarı sistemleri eğitimi için temalar
<p>Tema 1: Yeryuvarı benzersiz, nadir güzellikte ve çok değerli bir gezegendir.</p> <ul style="list-style-type: none">• Yeryuvarı'nın güzelliği ve değeri, edebiyat ve sanat yoluyla insanlar tarafından ve insanlar için ifade edilir.• İnsanın Yeryuvarı gezegenine ilişkin takdiri, alt sistemlerinin daha iyi anlaşılmasıyla güçlendirilir• İnsanlar, sorumlu davranışları ve alt sistemlerini yönetme yoluyla takdirlerini gösterirler
<p>Tema 2: Kolektif ve bireysel, bilinçli ve kasıtsız insan faaliyetleri Yeryuvarı gezegenini etkiler</p> <ul style="list-style-type: none">• Yeryuvarı savunmasızdır ve kaynakları sınırlıdır ve aşırı kullanılma veya kötü kullanılmaya açıktır• Devam eden nüfus artışı, diğer türler de dâhil olmak üzere doğal kaynakların tükenmesini ve çevrenin tahrip edilmesini hızlandırır• Doğal kaynakların kullanımı göz önünde bulundurulduğunda, insanların önce yaşam tarzlarını, ardından tüketimi azaltmayı, sonra yeniden kullanmayı ve geri dönüştürmeyi yeniden düşünmeye ihtiyacı vardır.• Sanayileşmenin yan ürünleri havayı, toprağı ve suyu kirletir ve etkileri kaynağa yakın olduğu kadar küresel de olabilir.• Yeryuvarı'nı ne kadar iyi anlarsak, kaynaklarımızı o kadar iyi yönetebilir ve dünya çapında çevre üzerindeki etkimizi azaltabiliriz.
<p>Tema 3: Bilimsel düşünce ve teknolojinin gelişmesi, Yeryuvarı'nı ve uzayı anlama ve kullanma yeteneğimizi artırır.</p> <ul style="list-style-type: none">• Biyologlar, kimyagerler ve fizikçilerin yanı sıra Yer ve uzay bilimi disiplinlerinden bilim adamları, Yeryuvarı sistemi çalışmalarında çeşitli yöntemler kullanırlar• Doğrudan gözlem, basit araçlar ve modern teknoloji, Yeryuvarı sistemindeki değişiklikleri temsil eden, açıklayan ve tahmin eden teorileri yaratmak, test etmek ve değiştirmek için kullanılır.• Tarihsel, tanımlayıcı ve deneysel çalışmalar, yeryuvarı ve uzay hakkında bilgi edinmenin önemli yöntemleridir.• Bilimsel araştırma teknolojik gelişmelere yol açabilir. Karmaşıklıktan bağımsız olarak, teknolojinin tüm sorunlarımızı çözmesi beklenemez• Teknolojinin kullanımının hem faydaları hem de istenmeyen yan etkileri olabilir.
<p>Tema 4: Yeryuvarı sistemi, su, kaya, buz, hava ve yaşamın birbiriyle etkileşen alt sistemlerinden oluşur.</p>

<ul style="list-style-type: none"> • Alt sistemler, doğal süreçler ve döngüler aracılığıyla sürekli değişiyor • Kuvvetler, hareketler ve enerji dönüşümleri, alt sistemler içindeki ve arasındaki etkileşimleri yönlendirir • Güneş, Yeryuvarı yüzeyinde veya yakınında çoğu sistem ve alt sistem etkileşimini yönlendiren başlıca harici enerji kaynağıdır. • Yeryuvarı sisteminin her bileşeni, alt sistemlerin etkileşimleriyle değiştirilebilecek karakteristik özelliklere, yapıya ve bileşime sahiptir. • Levha tektoniği, iç kuvvetlerin ve enerjinin, Yeryuvarı içinde ve yüzeyinde nasıl sürekli değişikliklere neden olduğunu açıklayan bir teoridir. • Ayırışma, erozyon ve depolanma, yeryuvarı yüzeyini sürekli olarak yeniden şekillendirir • Hayatın varlığı, diğer sistemlerin özelliklerini etkiler
<p>Tema 5: Yeryuvarı Gezegeni dört milyar yıldan daha eski ve alt sistemleri sürekli olarak evrim geçiriyor</p> <ul style="list-style-type: none"> • Yeryuvarı'nın döngüleri ve doğal süreçleri, saniyelerin kesirlerinden milyarlarca yıla kadar değişen zaman aralıklarında gerçekleşir • Dünya gezegenini oluşturan malzemeler birçok kez geri dönüştürülmüştür • Fosiller, yaşamın jeolojik zaman boyunca Yeryuvarı ile etkileşimli olarak evrimleştiğinin kanıtını sağlar. • Evrim, yaşamın zaman içinde nasıl değiştiğini açıklayan bir teoridir
<p>Tema 6: Dünya, geniş ve kadim evrende, güneş sisteminin küçük bir alt sistemidir.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Canlı organizmalar da dâhil olmak üzere, evrendeki tüm materyaller aynı unsurlardan oluşuyor ve aynı fiziksel ilkelere göre davranıyor gibi görünüyor. • Yeryuvarı da dâhil olmak üzere uzaydaki tüm cisimler, Güneş Sistemi ve evren boyunca hareket eden kuvvetlerden etkilenir. • Yeryuvarı da dâhil olmak üzere dokuz gezegen, neredeyse dairesel yörüngelerde güneşin etrafında döner. • Yeryuvarı, var olduğu kesin olarak bilinen tek gezegenler sisteminde Güneş'ten uzaklığı üçüncü sırada olan küçük bir gezegendir • Yeryuvarı'nın Güneş ve Aya göre konumu ve hareketleri mevsimleri, iklimleri ve gelgit değişikliklerini belirler. • Dünyanın kendi eksenini etrafındaki dönüşü, gece ve gündüz belirler
<p>Tema 7: Dünyanın kökeni, süreçleri ve evrimi üzerine çalışan kariyeri sahibi çok sayıda insan vardır</p> <ul style="list-style-type: none"> • Yeryuvarını inceleyen öğretmenler, bilim adamları ve teknisyenler, işletmeler, endüstriler, devlet kurumları, kamu ve özel kurumlar tarafından ve bağımsız yükleniciler olarak istihdam edilmektedir. Yeryuvarını inceleyen bilimlerde kariyerler, arazide örnek ve veri toplama ve laboratuvarında analiz ve deneyleri içerebilir. • Dünyanın her yerinden birçok kültürden bilim adamları sözlü, yazılı ve elektronik iletişim araçlarını kullanarak birbirini destekler ve işbirliği yapar. • Yeryuvarı üzerinde çalışan bazı bilim adamları ve teknisyenler, kaynakları bulmak veya yeryuvarı sistemlerindeki değişiklikleri tahmin etmek için uzmanlık anlayışlarını kullanırlar. • Pek çok insan Yeryuvarı gezegeni süreçleri ve materyalleri ile ilgili meslekler peşindedir.

Şekil 2. Amerikan Jeofizik Birliği raporunun (Ireton ve diğerleri, 1996) lisans düzeyinde "Dünya sistemleri yaklaşımı kullanarak yenilik ve değişim" öneren ana temaları.

Rapor, sistem düşüncesinin gelişimini içeren, Yeryuvarı sistemleri yaklaşımına dayalı lisans derslerinin geliştirilmesi için güçlü bir argüman sağlar. ABD lisans öğrencilerinin bu tür dersler aracılığıyla sistem düşünmeye doğru ilerlemeleri Raia (2005) tarafından araştırılmıştır ve şu sonuca varmıştır:

'Öğrenciler dinamik sistemleri, kurucu bileşenlerin yalıtılmış davranışlarını göz önünde bulundurarak, statik ayırık terimlerle kavramsallaştırma eğilimindedir. Öğrenciler ayrıca karmaşık

doğa olaylarını açıklamak için tek bir nedensel gücü veya benzersiz nedensel güçlerin doğrusal zincirini tanımlamışlardır'(S. 297)

Libarkin ve Kurdzeil'in (2006) bulguları benzerdi. Onların çalışmaları:

'Öğrencilerin ağırlıklı olarak Yeryuvarı'nda değişikliklerin ya (1) bu değişikliklerin bir nedenden kaynaklandığına dair somut bir kabul yâda (2) bu nedenler için "yitim" gibi bilimsel terimlerin ötesinde bir açıklama olmaksızın olduğunu anladıklarını önermişlerdir. (S. 408)

Bununla birlikte, Sibley ve ark. (2007) tarafından kaya, su ve karbon döngüleri üzerine yapılan son çalışma, öğrencilerden süreçleri ve ürünleri birbirine bağlamalarını isteyen bir yöntem kullanarak ('kutu diyagram yaklaşımı'), ABD'deki lisans öğrencilerinin, öğretimden sonra şunları yapabildiklerini göstermiştir: bir sistemdeki süreçleri ve ürünleri tanımlamak; bunları farklı çerçeveler içinde organize etmek; ve sistemin genel olarak döngüsel yapısını anlamak. Bununla birlikte öğrenciler, moleküller veya iyonlar gibi, sistemin kolayca belirgin olmayan veya görülemeyen kısımlarını tanımakta zorlandılar.

Yeryuvarı sistemleri eğitiminin etkililiğine ilişkin bu araştırma bulguları birlikte o zaman, bir muamma oluşturmaktadır. ABD'deki lisans öğrencilerinin anlayışında bu tür gelişmeler ortaya çıkmazken (kutu diyagram yaklaşımı kullanımı hariç), neden okul düzeyindeki üç çalışma grubun da (ABD, İsrail ve Almanya'da) öğrencilerin Yeryuvarı sistemleri anlayışlarında gelişmeler göstermelidir? Kullanılan öğretim yöntemleri ve kullanılan araştırma stratejileri hakkında yayınlanmış literatürde açıklanandan çok daha fazla bilgi olmadan, bu soru hakkında kesin sonuçlara varmak imkânsızdır. Bununla birlikte, okul düzeyindeki çalışmanın aşağıdaki yönleri kritik olabilir:

- Okul düzeyindeki programların üçü de öğretmenler için kapsamlı hizmet içi eğitim programları içeriyordu.
- Her üç program da yapılandırmacı temelli bir felsefe kullandı: çocuk merkezli öğretim; kurs içeriğine becerilerin entegrasyonu; bilgi moderatörü olarak öğretmen; araştırmaya dayalı öğretim; çoklu öğrenim ortamları (sınıf, laboratuvar, açık hava ve bilgisayar); gerçek dünyadan türetilen otantik temelli öğretim; ve alternatif değerlendirme (Orion, 2007, s. 116).
- İsrail araştırması, girişimin başarısı için kritik olan aşağıdaki faktörleri belirledi:
 - Problem çözme yaklaşımlarını kullanarak sorgulamaya dayalı öğrenmeye odaklanmak;
 - doğal bir sistemin somut bir modelinin inşası için açık havada öğrenme ortamının kullanılması;

- öğrenme süreci boyunca bilgi entegrasyon faaliyetlerini kullanmak (Orion & Ault, 2007).
- Orion'un son incelemesi (2007), yapılandırmacı felsefelerin önemini daha da vurgulamıştır: öğrenmeyi özgün ve ilgili bağlamlara yerleştirmek; öğrenmeyi yavaş yavaş somuttan soyuta taşımak; öğrenmeyi farklı yeteneklere göre ayarlamak; dış ortamın öğrenme sürecine entegre edilmesi; ve öğrenmenin hem bilişsel hem de duygusal yönlerine odaklanmak.

ABD lisans öğrencileri için kullanılan Yeryuvarı sistemleri bilimi öğretim yaklaşımlarında bu bileşenlerin bir kısmı veya tamamı eksik olsaydı, bu, sonuçlardaki tutarsızlıkları açıklayabilirdi. Sistem odaklı düşünme, zor soyut kavramların zihinsel manipülasyonunu içerdiğinden, okul düzeyindeki öğrencilerde, onlara öğretimde sofistike öğretme ve öğrenme stratejileri paketleri kullanılmadıkça, artan anlama seviyelerinin olası olmaması muhtemeldir.

Bu arada, Tayvan'daki okul düzeyinde araştırma (Chang, Hua ve Barufaldi, 1999), öğrencilerin yer bilimlerinde öğrenci merkezli yapılandırmacı öğretimi sevdiklerini ve bunu değerli bulduklarını, sınavları daha kolay geçmeleri için yardımcı olacağını düşünerek öğretmen merkezli didaktik öğretimi tercih ettiklerini göstermiştir. Chang ve Lee'nin Tayvanlı Yerbilimi öğretmenlerini içeren son anket çalışması (Chang & Lee, 2006; Lee & Chang, 2006), öğrencileri sınavlara hazırlamanın, öğretmenlerin en az tercih edilenleri bir yöntem olmasına rağmen, öğretmenler için önemli bir pratik hedef olduğunu gösterdi. Ancak onların en önemli hedefleri, öğrencilerinin temel yerbilimi kavramlarını edinmesiydi. Dahası, öğretmenler tarafından yerbilimi okuryazarlığı açısından en önemli olarak değerlendirilen üç Yerbilimi teması çevre korumayla ilgiliyken, öğrencileri için en önemli beceri öğrenmelerini günlük hayata uygulayabilmeleriydi.

Yeryüzü sistemleri eğitiminin farklı yaş aralıkları ve müfredat sistemleri aracılığıyla etkinliğine ilişkin bu çalışmalar birlikte oldukça düzensiz bir ilerleme göstermektedir. Bununla birlikte, müfredat yeniliği ne kadar kapsamlı olursa, öğrenciye odaklanmayı içeren programlarla, iyi planlanmış müfredat materyallerinin geliştirilmesini ve öğretmenler için etkili mesleki gelişiminin daha sınırlı kapsama sahip olanlardan daha başarılı olmasıyla başarı şansı arttığı açıktır.

Her yenilik şimdiye kadar yalnızca bir eğitim ortamında araştırıldığından, bunun tam olarak gösterilebilmesi için daha geniş bir bağlam yelpazesinde çok daha fazla araştırma yapılması gerekecektir. Yeryuvarı sistemleri müfredat yeniliğinin en başarılı özelliklerinin tanımlanması ve vurgulanması için daha kapsamlı bir yenilik / araştırma tabanı gerekli olacaktır.

Coğrafyanın bazı kısımları dışında diğer müfredat alanlarında yaygın olarak öğretilmediği için, sistem düşüncesinin müfredata getirdiği niteliklerin incelenmesi kritiktir. Hayatın büyük bir kısmı, karmaşık geri bildirim sistemleriyle etkileşimleri içerir. Bundan dolayı sistem anlayışı sadece kendimize değil,

5. Yerbilimsel mekânsal yeteneklerde eğitim

Uzaysal yetenek ve üç boyutlu düşünme, bazı okul konu alanlarında, örneğin kimyadaki moleküler yapı, biyolojideki organizmaların yapısı ve coğrafyadaki topografik çalışmalarda yer alır ve sanat ve tasarım dersleri için ise çok önemlidir. Bununla birlikte, üç boyutlu kaya yapılarının üç boyutlu topografik yüzeylerle nasıl etkileşime girdiğini anlamak için gereken belirli uzaysal (mekânsal) yetenekler yer bilimine özgüdür. Bu karmaşık üç boyutlu etkileşimlerin zaman içinde nasıl değiştiğini incelerken, düşünmenin başka bir boyutu da gereklidir.

Konturlu yüzeyler üzerine çizilen jeolojik haritaların anlaşılmasını geliştirmek için gerekli mekânsal farkındalığı öğretmenin en etkili yolları Crossley ve Whitehead (1979) tarafından keşfedilmiş ve üç boyutlu kâğıt modellerin yapılması ve bunları çizgiler ve gölgelendirmesiyle geliştirilmiştir (Crossley & Whitehead, 1980). Üç boyutlu kâğıt modeli yaklaşımı, daha önce Açık Üniversite (Gass ve diğerleri, 1972) tarafından kullanılan açıklayıcı bir yöntemden geliştirilmiştir, ancak bu yaklaşımların etkinliği araştırılmamıştır.

Kali ve Orion (1996) tarafından geliştirilen öğrencilerin uzaysal becerilerini değerlendirmek için 'Jeolojik Uzaysal Yetenek Testi' (GeoSAT), öğrencilerin bir jeolojik yapının görüntüsüne zihinsel olarak kavrama becerilerinin farklı seviyelerde olduğunu gösterdi. Onlar şu sonuca vardılar:

'Yer bilimi öğrencilerine, jeolojik yapıları algılama ve zihinsel olarak ikiye ayırma yeteneklerini geliştirmek için uygun yardım sağlanmalıdır. Bu tür yardım, öğrencilere jeolojik yapı modellerini parçalarına ayırma ve her katmanın mekânsal konfigürasyonunu araştırma fırsatları sağlayarak verilebilir ...' (s 388)

Kali, Orion ve Mazor (1997), 3 boyutlu görselleştirme becerilerinin geliştirilmesinde somut modellerin veya bilgisayar grafiklerinin daha etkili olup olmadığını tartışan literatürü gözden geçirdiler. Somut modellerin daha kolay anlaşılabilirliğine dair genel bir kanaat varken, bazen bunun doğru olmadığı, çünkü diğer zamanlarda somut modellerin kafa karışıklığına yol açtığı sonucuna vardılar. Ortaokul (lise) yerbilimleri öğrencilerinin jeolojik yapıları algılamalarına ve bilgisayar animasyonlarını kullanarak bu yapıları kesitleri görselleştirmelerine yardımcı olmak için bilgisayar yazılımı tasarlamaya devam ettiler. Araştırmalar, yazılımın,

öğrencilerinde olumlu bir tutum geliştirirken, 3B görselleştirme becerilerini geliştirmede etkili olduğunu ve yapısal jeoloji öğretmek için güçlü bir gösteri aracı olduğunu gösterdi.

Orion, Ben-Chaim ve Kali (1997) daha sonra jeoloji çalışması ile mekânsal görselleştirme becerisinin gelişimi arasında bağlantı olup olmadığını belirlemek jeolojiye giriş dersi alan öğrencileri araştırdı. Elde ettikleri sonuçlar, öğrencilerin uzaysal becerilerinin geliştiğini gösterirken, öğrenci görüşmeleri sadece yerbilimleri dersinin, mekânsal becerileri öğreten bir giriş dersi olduğunu gösterdi. Şu sonuca varmışlardır: "Yer bilimi ile mekânsal görselleştirme becerileri arasında iki yönlü bir ilişki olduğu ileri sürülmüştür" (s. 129). Yandal fen derslerine kaydolan bilim dışı ABD lisans öğrencilerini inceleyen Black (2005), bir Yerbilimi kavramsal anlayış değerlendirmesinden elde ettikleri sonuçlar ile üç tür uzaysal testten aldıkları puanlar arasında pozitif bir korelasyon olduğunu buldu. Şu sonuca vardı: "Sonuçlar, mekânsal yeteneklere odaklanarak yerbilimi kavramsal anlayışını geliştirmek için bir fırsat olabileceğini gösteriyor ..." (s. 402)- yukarıdaki Orion ve diğerlerinin sonucuna çok benzer bir sonuç.

ABD lisans yerbilimi derslerinde uzaysal görselleştirme yeteneklerini geliştirmeyi amaçlayan Gizli Dünya Müfredatı Projesinin(Hidden Earth Curriculum Project)bir parçası olarak Reynolds ve ark. (2002, 2005) animasyon yoluyla bir dizi uzaysal beceriyi öğretmek için yazılım geliştirdi. Öğrencilerin bu yazılımı kullanımına yönelik araştırmaları, deney grubunun ön test sonuçlarında kontrol grubuna göre önemli ölçüde daha düşük uzaysal farkındalığa sahip olduğunu, son test sonuçlarının eşit olduğunu ve modülün deney grubunun becerilerini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir.

Mekânsal yetenekte cinsiyet farklılıkları konusu, Kali ve Orion (1996) tarafından gözden geçirilmiş ve şu sonuca varılmıştır:

'... Birçok araştırmacı, erkeklerin uzaysal yeteneklerinin kadınlara göre daha gelişmiş olduğu konusunda hemfikir [ama bu]... öğretim programlarının erkekler ve kadınlar için benzer gelişme oranları sağladığına dair kanıtlar mevcuttur (Ben-Chaim, Lappan ve Houang, 1988). '(s. 370)

Kali ve Orion (1996) ve Reynolds ve ark. (2002, 2005), Kali ve Orion (1996) incelemesinin bulgularını destekleyerek, eğitim öncesi testlerde erkeklerin kadınlardan daha iyi performans gösterdiğini bulmuşlardır. Bununla birlikte, Ben-Chaim ve ark. (1988), Kali ve Orion'un aktardığı, erkeklerde ve kadınlarda benzer gelişme bulmuştur, Reynolds ve ark. (2002, 2005), kadınların eğitim yoluyla uzaysal yeteneklerini erkeklerden daha fazla artırdıklarını ve son test sonuçlarında erkeklerle eşit puan aldıklarını göstermiştir.

Yerbilimdeki kavramsal yetenek ile uzaysal yetenek arasındaki araştırmanın gösterdiği korelasyonlar göz önüne alındığında, yerbilim öğretiminin önemli bir bölümünün somut modelleme veya bilgisayar animasyonu kullanarak uzaysal beceriye odaklanması gerektiği açıktır.

6. Jeolojik zamanı anlama eğitimi

Oldroyd (1996), jeolojik zamanla ilgili fikirlerin gelişimini gözden geçirirken, ana oyuncularını tanıttı:

Playfair, James Hutton biyografisinde... Siccar Point kayalarına baktıklarında hissettikleri duyguları anlattı... ve oradaki uyumsuzluğun Yeryuvarı'nın yaşı için ne anlama geldiğini anladi. Playfair'in dediği gibi: "Zihin, zamanın uçurumuna o kadar uzağa bakarak sersemlemiş gibiydi"... Yine de on dokuzuncu yüzyılın ortalarında çoğu jeolog uçuruma baktı ve baş dönmesinin üstesinden geldi. Bu değişikliği yapan adamlar arasında Georges Cuvier ve Charles Lyell gibi büyük teorisyenler vardı ... '(s. 131)

Lyell'in evrim teorisini geliştirirken Charles Darwin'i çok etkileyen jeolojik zamana bakış açısıydı.

Hume (1978) ve Ault (1982) tarafından tartışıldığı gibi, jeolojik olayların gerçekleşmesi için mevcut olan geniş zamanın uzunluğunun anlaşılması, yerbilim öğretiminin merkezinde yer alır. Jeolojik zamanı anlamının iki yönü çok önemlidir; yıllar, milyonlarca yıl veya milyarlarca yıl cinsinden ölçülen zamanın uzunluğu (mutlak zaman olarak bilinir - McPhee'nin 'derin zamanı', 1981) ve olayların sıralaması (veya göreceli zaman).

Libarkin ve Anderson (2005), ABD'deki üniversite öğrencilerinde mutlak zaman hakkındaki anlayışı araştırırken, 'özellikle, öğrencilerin jeolojik zaman ölçeği ... ve mutlak yaş tarihlemesinin özellikleri hakkında kötü bir fikirleri var' (s. 400) ve Libarkin kaydetti. , Dahl, Beilfuss ve Boone (2005), çalışmalarındaki ABD üniversite öğrencilerinin% 50'sinden daha azının ve bazı kurumlarda% 10'dan azının Dünya'nın 4,5 milyar yaşında olduğuna inandığını buldu. Bu arada, hizmet öncesi ve uygulama öğretmenleri için Dahl, Anderson ve Libarkin (2005), Dünya'nın yaşının nasıl hesaplandığına dair yaygın bir yanlış anlama olduğunu buldular.

Göreceli zaman yöntemlerinin anlaşılması, yerbilimcilerin kayaları ve jeolojik olayları sıralamak ve farklı alanlardan kayalar ve olayları ilişkilendirmek için kullandığı metodolojileri takdir etmeyi gerektirir. Bu aynı zamanda, Yeryuvarının başlangıcından günümüze kadar büyük jeolojik olayların sıralaması hakkında temel bilgileri içerir. Ault (1982) tarafından yapılan ilk araştırmaların ardından Schoon (1992, 1995), ABD'deki ilkokul (10-11 yaş)

öğrencilerinin yaklaşık üçte birinin ve anket yaptığı ilkokul öğretmenlerinin beşte birinin dinozorların mağara adamlarıyla aynı zamanda yaşadığına inandıklarını buldu.

Trend (1998), 10-11 yaşlarındaki Birleşik Krallık öğrencileri arasındaki jeolojik olayların ve sıralarının nasıl anlaşıldığını araştırdı ve onların önemli jeolojik olaylara ilişkin genel bir farkındalığa sahip olsalar da, 'net bir kronolojinin neredeyse tamamen eksik olduğunu' buldu (s. 973). Çocuklar genellikle olayları iki farklı zaman dilimine yerleştirdiler: "oldukça çok eski" ve "daha az eski". Trend bunu, stajyer (hizmet öncesi) ilköğretim öğretmenlerinin (2000, 2001a) benzer bir anketiyle takip ederek, 'hem göreceli hem de mutlak derin zamanla her şeyi kapsayan bir kafa karışıklığı' (2001a, s. 196). Öğretmenlerin, öğrencilerinin jeolojik olayları derin zaman bağlamlarına etkili bir şekilde yerleştirmelerini sağlamak istiyorlarsa, kendileri için derin bir zaman çerçevesi geliştirmeleri gerektiğini gördü. Trend 'in 17 yaşındaki İngilizlerin jeolojik bir zaman çerçevesinde büyük jeo-olayları anlamaya yönelik daha ileri çalışması (2001b), önemli olayların hem doğası hem de zamanlamasının yanlış anlaşıldığını gösterdi. Buna dayanarak, eğitimde kullanım için derin bir zaman çerçevesi tasarladı: gezegensel ve litosferdeki jeo olaylara; biyosferik coğrafi olaylar; ve atmosferik ve hidrosferik jeo-olaylar (s. 317–318). Bu arada Marques ve Thompson (1997a), 10-15 yaşındaki Portekizli öğrencilerin evrimsel olayların sıralanmasında yaygın yanlış anlamaları olduğunu buldular ve Hidalgo ve Otero (2004), İspanyol öğrencilerin zamanlanmış olayları tek başına hatırlamakta ve uzun süreli zamanı kavramsallaştırmakta zorlandıklarını gösterdi.

İsraili öğrenciler tarafından jeolojik olayların sıralanmasını araştırmaya ek olarak, Dodick ve Orion (2003c) öğrencilerin jeolojik zamana dayalı problemleri nasıl çözdüklerini keşfetmek için bir "Jeolojik Zaman Yetenek Testi" (GeoTAT) geliştirdi (Dodick ve Orion, 2003b). Bu test, 14-15 yaşındakilerin 12-13 yaşındakilere göre zaman açısından önemli ölçüde daha iyi düşünebildiklerini ve jeoloji öğrencilerinin zamana dayalı problemleri jeoloji olmayan öğrencilerden daha iyi çözebileceklerini ortaya koydu. Jeolojik eğitimlerinin ikinci yılında sonra, jeoloji öğrencileri zaman yeteneklerini önemli ölçüde geliştirdiler ki bu gelişme arazi çalışmaları için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, onlar jeolojik zamanın anlaşılması ile uzaysal yetenek arasında bir korelasyon olduğunu buldular ve bu da iyi tasarlanmış jeolojik arazi çalışmasının her ikisini de geliştireceğini ima ettiler.

Libarkin vd. (2005), ABD'li üniversite öğrencilerinin, Yeryuvarı'nın oluşumu ve yaşamın oluşumunun tarihlendirilmesi konusunda yanlışlar taşıdıklarını buldu. Ayrıca Libarkin ve Anderson'ın (2005), Jeoloji Kavram Envanteri'ni (GCI) kullanarak, ABD'li lisans öğrencilerinin jeolojik zaman ölçeği, jeolojik tarihte olayların oluşumu ve mutlak yaş tarihlmesi ile ilgili bilgilerinin zayıf olduğunu bulmuşlardır. Bu arada Dahl ve ark. (2005), GCI'yi öğretmenlerle

birlikte kullanarak, ABD uygulayıcı öğretmenlerin göreceli tarihlendirme konusunda oldukça rahat olmalarına rağmen, jeolojik olayları tarihlendirme konusunda rahat olmadıklarını buldu.

Bu jeolojik zamana dayalı çalışmalar, yeni müfredat materyallerinin zaman çalışmasının üç yönde geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir:

- jeolojik zamanın uzunluğu (mutlak veya derin zaman) bilgisi;
- Büyük jeolojik olayların uyduğu bir zaman çerçevesinin geliştirilmesi; ve
- öğrencilerin göreceli zaman temelli problemleri çözmelerine olanak tanıyan zaman temelli düşünme becerilerinin geliştirilmesi.

Bu tür yeni materyallerin uygulanması, materyallerin farklı eğitim bağlamları ve sistemlerindeki etkinliğine yönelik araştırmalarla desteklenmelidir.

7. Yerbilimi eğitimi arazi çalışması

Frodeman (1996), yerbilimcilerin kaya yüzleklerini nasıl algıladıklarını tartışırken şunu ifade eder: "jeolojik görme, bilimin titizliği ile düzenlenmiş ve disipline edilmiş bir şiirsel tasavvur gerektirir" (s. 417). Bu bakış açısı, aşağıdaki tartışmaların temelini oluşturur.

Arazi çalışması biyoloji, coğrafya ve bazı tarih ve sosyal bilim derslerinin önemli bir kısmını oluşturabilse de, yerbilimi arazi çalışmasının nitelikleri çok belirgindir ve aşağıda ayrıntıları verildiği gibi belirli beceri ve tekniklerin geliştirilmesini gerektirir.

Hawley (1998), "alan deneyimlerinin benzersizliği" tarafından sağlanan dört eğitim fırsatını öğrenmeye ilişkin üç perspektifle birlikte listeleyen Lonergan ve Andresen'in (1988) çalışmalarına atıfta bulunarak, yerbilim alan çalışmasının gerekçesinin yararlı bir özetini sunmuştur. Hawley'in özeti ayrıca yerbilimi arazi çalışması için altı temel hedefi listeleyen Compiani ve Carneiro'nun (1996) çalışmalarını ve arazide öğrenmenin kavrama ile ilişkili beş belirli faydasını içeren kendi listesini de içeriyordu.

Thompson (1982) daha önce yerbilimi arazi çalışmasının kırk olası amacını dört başlık altında toplamıştır:

- entelektüel beceri ve yetenekleri geliştirmek (13 hedef);
- pratik beceri ve yetenekler geliştirmek (12 hedef);
- pratik tekniklerde ustalaşmak (4 amaç);
- ilgi ve tutum geliştirme (11 hedef).

Bu, önceki çalışmasına dayanıyordu (Thompson, 1974, cited in Hawley, 1998).

Farklı amaçlara sahip farklı arazi gezileri Compiani ve Carneiro'nun (1996, cited in Hawley, 1998) tarafından listelenen altı farklı türü (önceki jeolojik bilgileri genişletmek; jeolojik özellikleri ve olayları tanımak; sorunlar önermek ve şüpheler ve sorular üzerinde

çalışmak; hipotezleri yapılandırmak, problemleri çözmek ve sentez üretmek; pratik yetenekler geliştirmek ve yeni tutum ve değerler geliştirmek) tanımlanmıştır. Bland, Chambers, Donert ve Thomas (1996, aktaran Hcited in, 1998), yalnızca üç saha gezinti türünü (bilginin yayılmasına vurgu yapan bir 'bak ve gör' yaklaşımı; sürece vurgu yapan bir araştırma yaklaşımı; ve karar verme ve yorumlamaya vurgu yapan bir araştırma yaklaşımı) tanımlamıştır. Bu arada, Buck (2006), uzman öğretmenden rehber öğretmene kadar değişen farklı öğretmenlerin arazideki yaklaşımlarını tanımlamıştır.

Yerbilimi arazi çalışmasının bu analizi, çok çeşitli öğretim stratejileri aracılığıyla laboratuvarında / sınıfta çok çeşitli öğretim ve öğrenme hedeflerinin mümkün olduğunu ve "açık hava sınıfında" da aynı şekilde uygulanabilir olduğunu açıkça göstermiştir. Bununla birlikte, bu incelemeler, yerbilimi arazi çalışmasının aşağıdakiler de dâhil olmak üzere ek önemli eğitim fırsatları sunduğunu göstermektedir:

- çeşitli ölççekleri, boyutları ve karmaşıklıkları ile sınıfta bulunmayan süreçlerin ve ürünlerinin incelenmesi;
- sınıfta gerçekleştirilemeyen dış mekân araştırma becerilerinin ve tekniklerinin uygulanması;
- çok çeşitli yeni problem çözme ve araştırma olanakları; bunlar şunları içerir: kanıt çeşitliliğinin değerlendirilmesi; mekân ve zaman boyunca değişikliklerin yorumlanması; geri dönüşle ilgili ayrıntılı çalışma (geçmiş 'tahmin etme'); kaynakların ölçülmesi; ve ortamların değerlendirilmesi; ve
- Dış dünyayla ilgili yeni ilgi, tutum ve değerlerin potansiyel gelişimi.

Bunlar, liderlik potansiyeli, ekip çalışması becerileri ve arazi çalışmasının sunduğu yeni bakış açılarından öğretmenleri ve akranları görme fırsatları gibi sınıfta o kadar da kolay bulunmayan sosyal becerilerin geliştirilmesi için çeşitli fırsatlara ilavedir.

Yer bilimi arazi çalışmasına yönelik çok çeşitli farklı yaklaşımlar kabul edilmiş olsa da, farklı yaklaşımların eğitimsel etkinliği konusunda 1990'lardan önce çok az araştırma yapıldığı görülmektedir. Orion 1993 yılında arazi gezilerinin geliştirilmesi ve uygulanması için bir model geliştirdi ve bunu 14-17 yaşındakiler üzerinde test etti (Orion & Hofstein, 1991). Değerlendirme, genç öğrencilerin geziyi daha çok sosyal bir etkinlik olarak gördüklerini, daha büyük öğrencilerin ise bunu bir öğrenme olayı, özellikle de bireyselleştirilmiş öğrenme yönleri olarak değerlendirdiklerini gösterdi. Yaşça büyük öğrencilerin öğrenmeye yönelik tutumları da gelişti ve geziler tarafından sağlanan bireyselleştirilmiş öğrenme potansiyeline özellikle değer verdiler.

Orion ve Hofstein (1994), öğrenciler için arazi gezilerinin eğitimsel etkililiğinin, kursun erken aşamalarında yapılırsa ve öncesinde öğrencileri saha gezisinin öğrenme ortamına alıştırmaya odaklanan kısa bir hazırlık ünitesinden önce arttığını göstermeye devam ettiler. Onlar özellikle, "yenilik alanı" olarak adlandırdıkları özelliklerin, hazırlık çalışmasıyla en aza indirilmesi gerektiğini buldular. 'Yenilik alanını' üç alana ayırdılar: bilişsel (öğrencinin kavramlar ve becerilerle tanışmasını gerektiren), psikolojik (öğrenci beklentileri ile gerçek arasındaki boşluğu azaltma) ve coğrafik (öğrencileri bölgeyle tanışma) (bkz.Orion ve Ault, 2007, s. 672). Bu, Adey, Shayer ve Yates (2001) tarafından düşünme becerilerini geliştirmek için tasarlanan bilimsel pratik çalışma için önerilen "somut hazırlık" aşamasına oldukça benzerdir. İsraili öğrencilerle yapılan diğer bir çalışmada Kempa ve Orion (1996), öğrencilerin arazi görevlerini başarıyla tamamlamalarına rağmen, olumlu ekip çalışması deneyimlerine rağmen genellikle düşük bir bireysel öğrenme faydası hissine sahip olduklarını bulmuşlardır.

Fisher (1995), yakın zamanda tanıtılan Birleşik Krallık Ulusal Bilim Müfredatının gerektirdiği yer bilimi arazi çalışması perspektiflerindeki değişiklikleri gözden geçirdi. Bu, öğrencilerin 'problemleri kendileri için belirlemelerini ve bunları bir dizi bilimsel kavram ve beceriyi kullanarak çözmelerini' (s. 385) gerektiriyordu - yukarıda açıklanan araştırmacı yerbilim arazi çalışmasına doğru bir hareket. Saha çalışmasına ilişkin bu bakış açısı, o zamandan beri İngiltere'deki tüm jeoloji müfredatlarına taşındı ve 14-18 yaşındakilere seçmeli dersler olarak sunuldu.

Orion ve Thompson'ın (1996) bir yıllık bir eğitim kursunda İngiltere'deki stajyer (hizmet öncesi) öğretmenlerin okul dışı etkinliklerine yönelik algı ve tutumlarındaki değişikliklerle ilgili araştırması konuyla ilgilidir:

'Programın sonunda yer bilimi öğretmenleri, okul dışı ortamlarda (müzeler, sanayi siteleri, doğal çevre) fen öğretiminde daha yüksek güven kazandılar. Kendilerine olan güvenleri kimya ve fizik öğrencilerinden önemli ölçüde daha yüksekti. '(S. 596)

Marques, Praia ve Kempa (2003) Orion'un (1993) saha çalışması modelinin Portekizli öğrenciler üzerindeki etkisini araştırdıklarında, onların araştırmaları arazi çalışması öncesi hazırlığın önemini desteklediğini ve öğrencilerin öğrenmesi üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu buldular, ancak aynı zamanda öğretmenlerin yeni, açık havada öğrenme ortamına uyum sağlamada karşılaştıkları zorlukları da vurguladılar. Yerbilimi arazi çalışmasının Portekizli öğrenciler üzerindeki etkisine dair Vasconcelos ve Salvador (2003) tarafından 36 maddelik bir ölçek kullanılarak yapılan araştırma: "öğretmen / öğrenci ilişkisi"; "Bilginin inşası"; 'Tutum ve değerlerin gelişimi'; ve 'bilimsel okuryazarlık" konularına odaklanmıştır ve üç arazi temelli faaliyetinin bir sonucu olarak tüm bu alanlarda öğrenci gelişimi olduğunu

göstermiştir. Rebelo at al. (2003a, 2003b), Portekizli öğrencilerin arazi çalışmasına değer verdiklerini ve öğretmenlerin arazi çalışması liderliklerine güven duymamalarına rağmen olumlu geribildirim verdiklerini bulmuştur. Bu arada Midyan ve Orion (2003) İsraili öğretmenlerin arazi çalışmasının eğitim hedeflerine yönelik olumlu tutumları ile gerçek uygulamaları arasında büyük bir uçurum olduğunu belirttiler.

Son zamanlarda Elkins ve Elkins (2007), Libarkin ve Anderson'ın (2005) 'Jeoloji Kavram Envanteri'ni ABD'deki üniversite öğrencilerine uyguladılar ve yerbilimi arazi deneyimlerinin bir sonucu olarak, alan temelli olmayan derslere göre yerbilimi içerik bilgisinde daha büyük gelişmeler olduğunu kanıtladılar. Hawley, 1998 tarihli incelemesini şunları vurgulayarak tamamladı:

"Yerbilimde arazi temelli öğrenmeye yönelik öğretme ve öğrenme yaklaşımlarında ortaya çıkan anahtar düşünce ... öğrenme hedefleriyle yakından eşleşen farklı öğretim yaklaşımları arasında bir denge olması gerektiğini [vurguladı]."

Bu, aşağıdakilerin önemini vurgulayan Orion ve Ault (2007) tarafından yapılan arazi çalışması incelemesinde daha geniş bir perspektif verilmiştir:

"Dış mekân ve iç mekân öğrenim ortamlarını birbirine bağlayan bütünsel bir model. Bu modelin yol gösterici ilkesi, müfredatın somut seviyelerinden daha soyut bileşenlerine doğru kademeli bir ilerlemedir. '(S. 761)

Onlar önemli noktaları vurguladılar:

'Açık havada öğrenme ortamı, iç mekânlarda geliştirilemeyen olayları ve süreçleri ele alıyor. Bununla birlikte, açık hava, çok karmaşık bir öğrenme ortamıdır ve öğrencileri anlamlı öğrenmeden kolayca uzaklaştırabilecek çok sayıda uyarıcı içerir. '(S. 761)

Bu nedenle, farklı arazi çalışması yaklaşımlarının etkinliği ve etkisi üzerine yapılacak çok daha fazla araştırma olduğu açıktır. Hawley'in (1998) belirlediği önemli araştırma soruları şunlardır:

"Arazi deneyimi yerbilimini öğrenmek için neden bu kadar önemli?", "Alan temelli öğrenmede öğrencilerin geçirdiği öğrenme süreçleri nelerdir?", "Tüm öğrenciler arazi çalışmasından aynı şekilde mi öğreniyor?", "Farklı öğrenciler mi? farklı saha çalışması türlerinden farklı şeyler öğrenmek? ", "Arazi çalışmasında ilerleme nedir?". Kısaca, arazi çalışması yerbilimdeki kavramsallaştırmaya nasıl katkıda bulunur? "Orada olmaktan" en iyi şekilde yararlanmak için bu soruların yanıtlarını görevimizin dışında aramalıyız.

Okul tabanlı arazi çalışması için aşağıdaki araştırma soruları eklenebilir. Hangi arazi çalışması stratejileri:

- öğrencileri yerbilimi için daha hevesli hale getiriyor?
- Yer bilimi anlayışını geliştirmede daha etkili?
- çevre anlayışını daha başarılı bir şekilde teşvik eder?

- bilişsel becerileri daha etkili bir şekilde geliştirir?
- Mekân ve zaman anlayışını geliştirmede daha etkilidir?
- hayatın herhangi bir alanında değerli olan aktarılabılır beceriler geliştirir?

Arazi eğitimi ve yerbilim eğitimi birbirinden ayrılamayacak kadar bağlantılı olduğundan, birbirini teşvik etmek için her birinden en iyi şekilde yararlanmalıyız.

Önceki bölümler, yerbilimin ayırt edici metodolojilerinin temel unsurları aracılığıyla küresel yerbilimi eğitiminin ilerlemesini incelemiştir; bütünsel sistemler perspektifi; yerbilimsel mekânsal yetenekler; jeolojik zamanın anlaşılması; ve yerbilimsel arazi çalışmasının metodolojileri ve nitelikleri. Buna ek olarak, yayınlanan çalışmaların önemli bir kısmı yerbilimdeki yanlış anlamaları ve yerbilim öğretmenlerinin mesleki gelişimini kapsar. Bunlar aşağıda tartışılmaktadır.

8. Yerbilim eğitiminde yanlışlar veya alternatif çerçeveler

8.1. Belirlenen yanlış anlamalar

Literatürde, öğrencilerin bilimsel görüşlerin mutabakatına aykırı olan fikirleri tanımlamanın en iyi yolu hakkında pek çok tartışma olmuştur. Bu alternatif fikirler genellikle ya "yanlış anlamalar" veya "alternatif çerçeveler" olarak adlandırılmıştır. Bu terimlerin her ikisi de, öğrencilerin basit "hataların" çok ötesine geçen ve uygun bir şekilde ele alınmadıkça bir konuyu gelecekteki anlayışlarını büyük ölçüde etkileyebilecek fikirler hakkında derinlemesine görüşlere sahip olduklarını ima eder. "Kavram yanlışları" terimi muhtemelen bu terimlerin en yaygın kullanılanıdır ve aşağıdaki tartışmalarda benimsenmiştir. Her alan için, modern bir bilimsel fikir birliği tanımı italik olarak verilmiştir.

Kayalar

Kayalar, mineraller, organik materyaller veya diğer kaya parçalarından doğal olarak oluşan agregalardır. Kayalar ve bunların nasıl oluştukları hakkındaki yanlışlar, Piaget'in (1929) *The Child's Conception of the World* adlı ilk çalışmasından bu yana incelenmektedir. Dove (1998, s. 185) o zamandan beri çalışmayı, her yaşta öğrencinin kayaları "donuk, ağır, büyük, koyu malzeme ... olarak gördüklerini göstererek özetlemiştir; [oysa] renk de önemli bir kriter"dir. Happs (1982), 'kaya (rock)' teriminin bilimsel olmayan kullanımını buldu ve Dove (1996), terimin geniş çapta yanlış anlaşıldığını fark ederken, Ford (2003) çok sayıda çocuğun doğal olarak kaya oluşumu tarzına dair hiçbir kanıt sağlamayan özellikleri aradığını buldu. . Blake (2004) ayrıca çocukların 'renk veya şekil gibi basit fiziksel özelliklere odaklandıklarını ve kayaların kökenleri hakkında yalnızca sınırlı fikirleri ortaya çıkardıklarını' bulmuştur (s. 1857).

Bu arada Happs (1985a), çocukların kayaların nasıl oluştuğunu yorumlamalarına izin verecek gözlemleri yaptıklarında bile, çoğu zaman bu ipuçlarını yanlış yorumladıklarını ve yanlış sonuçlara vardıklarını göstermiştir. Bu yanlış anlamalar göz önüne alındığında, stajyer (hizmet öncesi) öğretmenlerden kaya tanımlamayı öğretmeleri istendiğinde, nispeten yüksek kaygı seviyeleri göstermeleri şaşırtıcı değildir (Westerback, Gonzalez ve Primavera, 1985).

Bu çalışmalar, çok sayıda öğrencinin kayaları, tanımlama sistemlerinin kurulmasında veya her kayanın içerdiği oluşum tarzının kanıtlarının yorumlanmasında kullanılacak ortak özellikler için incelenecek örneklerden olarak değerlendirmekten ziyade bir masada sıralanacak öğeler olarak gördüğünü ortaya koymaktadır. Açıkça, kaya karakteristikleri ve sınıflandırması, Hawley (2002) tarafından tanımlanan strateji gibi, kayaların kendilerini oluşturan süreçlerin kanıtını sağlayan içsel özellikleri kullanılarak öğretilmelidir.

Mineraller

Mineraller, *bilinen sınırlar içinde sabit veya değişen kimyasal bileşimi, atomik yapısı ve fiziksel özellikleri ile doğal olarak oluşan elementler veya kimyasal bileşiklerdir*. Blake (2004), 'mineral' teriminin 9-11 yaş arası çocuklar için sorunlu bir kavram olduğunu belirtirken, Happs (1982) 'mineral' terimini bilimsel olarak kullanabilen 11-18 yaş arası öğrenciler bulmadığını belirtmiştir. . "kayaç" ve "mineral" arasındaki karışıklığa da dikkat çekilmişti (Happs, 1985b; Oversby, 1996). Karışımlar (ör. Kayalar) ve bileşikler (ör. Minerallerin çoğu) arasındaki ayrım genellikle alt orta düzeyde (11-12 yaş arası) öğretilir ve eğer karışım/bileşim farkları eğitimin mineraller ve kayaçları içeren safhasında öğretilirse, bu daha sonra yapılacak mineral ve kaya oluşturma süreçlerinin anlaşılmasına yardımcı olacağı açıktır.

Fosiller

Fosiller, *canlıların korunmuş kalıntılarıdır (10.000 yıldan daha yaşlı)*. Ault (1984), fosilleşmeyle ilgili 'Su, taşı çamura çevirir' gibi yanlış anlamalar keşfetti. Çamur hayvanı tuzaklar. Bir şelalenin arkasında olmalı. Su kurudu ve çamur taşa döndü '. Oversby (1996), birçok öğrenci ve stajyer öğretmenin fosilleri bir dizi tanımdan ayırt edemediğini gösterdi. Fosiller, geçmiş yaşamın bir kanıtı olarak anlaşılmadıkça, geçmiş çevrelerin yorumlanmasında veya evrimsel kavramların geliştirilmesinde kullanılamaz.

Sedimanter süreçler

Sedimanter süreçler, *sedimenti oluşturan ve biriktiren ve bunları tortul kayaç olarak konsolide edebilen süreçlerdir* Driver, Squires, Rushworth ve Wood-Robinson (1994), Happs'in (1982)

sedimanter süreçler hakkındaki yanlışlara ilişkin çalışmasını özetledi: "Çok az çocuk... sedimanter kayalar ile oluştukları sedimanter süreçler arasındaki ilişkiyi kavrayabildi" (s. 113). Dove (1997, 1998), sedimanter süreçleri olan 'ayırışma' (*katı malzemenin uzaklaştırılmadan yerli yerinde kırılması / parçalanması*) ve 'erozyon' (*katı malzemenin uzaklaştırılması*) arasında yaygın bir yanlış anlama ve kafa karışıklığı olduğunu bulmuştur ve bunu, zaman içinde bu terimlerin anlamlarının değişmesine bağladı. Bununla birlikte, bilimsel tanımları güncel güvenilir ders kitaplarında açıktır.

Leather (1987), 11-17 yaşındaki öğrencilerde petrol oluşumu ve birikimi anlayışını araştırmış ve ortak görüşün petrolün çoğunun mikroskobik bitki materyali ve bakterilerden türediği olduğu zaman, çok kişi petrolün ölü deniz canlılarından (veya hayvanlardan) türediğini düşündüğünü belirlemiştir. Pek çok öğrenci petrolün yer altındaki mağaralarda veya boşluklarda (geçirgen kayalardan ziyade) hapsedildiğini düşünürken, bazı genç öğrenciler deniz dibinde toplandığını düşünmüştür. Bu çalışma, sadece terminolojinin yanlış anlaşılmasını değil, aynı zamanda sedimanter süreçler ve kayalar arasındaki önemli kavramsal kopuklukları da ortaya çıkarmaktadır.

Metamorfik süreçler

Metamorfik süreçler, önceden var olan kayaları artan ısı ve / veya basınçla metamorfik kayalara dönüştürür, ancak metamorfik süreçler ile biyolojik süreç metamorfozun arasında yaygın bir karışıklık Happs(1982) tarafından not edilmiştir.

Magmatik süreçler

Magmatik süreçler, kayanın erimesini ve ardından katılaşmasını içerir. Volkanik patlamalar ve depremler arasında kafa karışıklığı bulan Dove (1998), tarafından magmatik süreç yanlışları üzerine yapılan çalışmalar gözden geçirildi. Libarkin vd. (2005), ABD'li üniversite öğrencilerinin 'yanardağların yalnızca adalarda meydana geldiğine, sıcak iklimlerle ilişkili olduklarına ve yanardağların yalnızca ekvator boyunca meydana geldiğine' inandıklarını '(s. 24) ve Marques'in (1988) Portekizli 10-15 yaş arası öğrenciler için benzer bulguları bildirdi. Lillo (1994) ve Dahl ve diğerleri (2005), volkanlar aracılığıyla patlayan magmanın, neredeyse tüm magmanın mantonun veya kabuğun üst kısmından kaynaklandığı düşünüldüğünde, Yeryuvarının çekirdeğinden kaynaklandığına dair yanlış anlamayı tespit ettiler. Bu çalışma, birçok öğrencinin volkanlar ile onları oluşturan süreçleri ilişkilendirmediğini göstermektedir.

Kaya döngüsü

Kaya döngüsü - *döngüsel bir modele bağlı tortul, metamorfik ve magmatik süreçler*. Ford (2005), daha önce eğitilmiş olan 11-12 yaşındaki ABD öğrencilerinde kaya döngüsü hakkındaki anlayışı araştırırken şunu buldu:

'Öğrenciler rock döngüsü ile ilgili öğretimin amacını kavramadılar. Bunun yerine yanıtları, kaya kategorileri ve bunların oluşumu arasındaki ilişkileri temsil eden bir modelden ziyade kaya döngüsünü kaya oluşumunun nedeni olarak algıladıklarını gösteriyor. Örneğin... bir öğrenci şöyle yanıt verdi: Kaya döngüsü "Çamaşırın, bir yıkama döngüsünde ilerlemesi gibi ..." incelenir (s.375).

Bu arada, hizmet öncesi (ilkokul) öğretmenleri ile çalışan Stofflett (1993), "bu çalışmada [kayalar ve bunların oluşumu hakkında] sergilenen kavram yanlışlarının oldukça açık bir şekilde korkunç olduğunu '(s. 230) yorumlamış ve (Stofflett, 1994) 'ortalama öğretmen adayının sunulan [kaya oluşturma süreçleriyle ilgili] kavramların yalnızca% 18'ini anladığını ” göstermiştir(s. 495). Kusnick (2002), hizmet öncesi öğretmen adaylarının başka bir araştırmasında, 'öğrencilerin kayaların nasıl oluştuğuna dair şaşırtıcı sayıda yanılgıya sahip olduklarını' gösterdi (s. 31) ve 'şaşırtıcı sayıda öğrenci kayaları süreçlerle oluşmuş olarak tanımladı' yorumunu yaptı. Hiçbir jeoloğun farkına varmayacaktır '(s. 37) ve' öğrencilerin kavramsal anlayış için bir temel oluşturan eğitim deneyimlerine ihtiyaçları olduğu 'sonucuna varmaktadır (s. 38). Kaya döngüsü hakkında yaygın olarak kabul edilen yanlış kanılar göz önüne alındığında, Kali ve ark. (2003) kaya döngüsünü anlamak için gereken üst düzey düşünme becerilerinin uygun öğretim stratejileri ile geliştirilebileceğini gösterirken, Sibley ve ark. (2007), birbirine bağlı diyagramların geliştirilmesinin bu tür düşünme sistemlerini öğretmede etkili olabileceğini göstermiştir.

Bu çalışma, bu amaç için özel olarak geliştirilen müfredat materyalleri aracılığıyla süreçlerin ve ürünlerinin incelenmesi yoluyla kaya döngüsünün unsurlarının anlaşılmasının aşamalı olarak geliştirilmesi gerektiğini açıkça göstermektedir.

Hayatın evrimi

Tek hücreli organizmalardan omurgasızlara ve omurgalılara geçişe kadar yaşamın evrimi. Marques ve Thompson (1997a), anket yaptıkları 10-15 yaşındaki Portekizli öğrencilerin çoğunun, yaşamın ve Dünya'nın aynı anda meydana geldiğine inandıklarını gösterdi.

Birçoğu, bazı tanıdık hayvanların ortaya çıkma sırasına dair yanlış bir görüşe sahiptir, bazıları balıkların ortaya çıkan en eski yaşam formları olduğunu düşünürken, diğerleri, verilen seçeneklere göre kuşların en son formlar olduğunu düşünüyordu. Jenson ve Findlay (1996), ABD'deki üniversite öğrencilerine evrimi öğretmek için dört farklı strateji kullandılar ve test

öncesi ve sonrası değerlendirmeler yoluyla, "doğru kavramlarda artışlar ancak alternatif kavramlarda çok az azalma" (s. 879) olduğunu buldular.

Libarkin vd. (2005) ayrıca ABD'deki üniversite öğrencileri arasında Yeryuvarındaki yaşam hakkında çeşitli yanlış anlamalar olduğunu buldular; bir kolejdeki öğrencilerin yaklaşık% 30'u, Yeryuvarı oluştuğunda yaşamın var olduğunu düşünerek, o sırada dinazorlar, 'okyanustaki böcekler ve balıklar ...' (s. 22), trilobitler, bitkiler ve insanlar dâhil çeşitli orada bulunan organizma örnekleri verdi. Catley (2006), makroevrimin okullarda öğretilmesi gerektiğini savunurken, 'Öğrenciler ve öğretmenler, makro düzeyde işleyen [evrimsel] süreçleri hala yeterince anlamıyorlar ve gezegenimizde hayatın tarihini neredeyse hiçbirini anlamıyor ...' (s. 767). Bununla birlikte, Dodick ve Orion (2002), doğal seleksiyonu fosil materyali kullanarak jeolojik zamana bağlayan bir müfredat modülünün makroevrim anlayışını geliştirmede nasıl etkili olabileceğini göstermiştir.

Bu çalışmalar, yukarıdaki 'Jeolojik zamanın anlaşılmasında eğitim' bölümünde tartışıldığı ve özellikle Trend (2001b) tarafından vurgulandığı gibi, öğrencilerde yaşamın evriminin içine oturtulabileceği bir zaman çerçevesi geliştirmenin önemini göstermektedir.

Depremler

Depremler - öncelikle yeraltı kaya kırılmasının tetiklediği sismik şok dalgalarının neden olduğu sarsıntı; çoğu büyük deprem levha kenarları ile bağlantılıdır, ancak çoğu bölgede küçük depremler meydana gelir. Leather (1987), araştırdığı Birleşik Krallık'taki 11 yaşındaki öğrencilerin çoğunun depremlerin sıcak iklimler veya volkanik patlamalarla bağlantılı olduğunu düşündüklerini buldu. İlkokul çağındaki (ilkokul) öğrenciler için belirlenen bu bulgular, Birleşik Krallık'ta Sharp, Mackintosh ve Seedhouse (1995) ve ABD'de Ross ve Shuell (1993) tarafından bildirilenlere benzerdi. Leather (1987), bu yanılgıların yaşla birlikte azaldığını ve yerini daha bilimsel fikirlerin aldığını göstermeye devam etti, ancak Libarkin ve ark. (2005), bu tür fikirlerin hala birkaç ABD'li üniversite öğrencisi tarafından korunduğunu buldu. Leather (1987) ayrıca 11-14 yaş arası birçok çocuğun Birleşik Krallık'ta deprem olmadığını düşündüğünü bulmuştur. Bu, ABD'de Schoon'un (1992, 1995) hem ilkokul öğrencilerinin (10-11 yaş) hem de ilkokul öğretmenlerinin yaklaşık üçte birinin yanlış bir şekilde bir depremin Chicago'ya zarar veremeyeceğini düşündüğü bulgularına karşılık gelir. Depreme duyarlı bir ülke olan İsrail'de bile, ankete katılan 12-16 yaşındaki öğrencilerin% 77'si okullarının yüksek riskli bir bölgede yer aldığından habersizdir (Rutin & Sofer, 2007) ve birçoğunun gelecekteki bir depreme doğru tepki verme hakkında çok az fikri vardı. Bu arada Tsai (2001), 10-12 yaşındaki bazı Tayvanlı öğrencilerin, depremlere örnek olarak hayaletler,

şeytan ve kızgın bir Tanrı gibi doğüstü veya mitolojik güçlerin neden olduğuna inandıklarını belirledi.

Yeryuvarı'nın yapısı

Yeryuvarı'nın yapısı - her biri diğerlerinden kimyasal olarak farklı olan kabuk, manto ve çekirdekten oluşur. Lillo (1994), 10-15 yaşındaki İspanyol öğrencilerden yapısını göstermek için Yeryuvarı'nın resimlerini çizmelerini istediğinde, çoğu öğrencinin Yeryuvarı'nın eşmerkezli katmanlardan oluştuğunu düşündüğünü, ancak bazılarının merkezde ateş, lav veya bir mıknaş olduğunu düşündüğünü belirledi. Marques ve Thompson (1997a), 10-15 yaşındaki birçok Portekizlinin, Yeryuvarı'deki en yoğun malzemenin Güney Kutbu yakınlarında bulunacağını düşündüğünü, ancak daha büyük öğrencilerin doğru bir şekilde, en yoğun malzemelerin Yeryuvarı'nın merkezinde olduğunu düşündüklerini belirledi. Ayrıca King (2000), İngiltere'deki fen bilgisi öğretmenlerin yoğunluğun derinliğe göre değişimini yeterince anlamamış olduğunu bulmuştur. Libarkin vd. (2005), anket yaptıkları ABD'deki neredeyse tüm üniversite öğrencilerinin:

"Karma fiziksel durum (litosfer, astenosfer, mezosfer, iç çekirdek, dış çekirdek) ve kimyasal sınır (kabuk, manto çekirdek) terimleri, Yeryuvarı'nın içini alt bölümlere ayırmanın temelini anlamadığımı gösterir." (S. 24)

King (2000), İngiliz fen bilimleri uygulayan öğretmenler arasındaki benzer yanlış anlamaları ortaya çıkardı.

Lillo (1994) tarafından kaydedilen kalıcı bir yanlış anlama, Yeryuvarı'nın erimiş çekirdeğinin volkanik lav kaynağı olduğuydu. Bu arada King (2000), King ve ark. (2003, 2005) ve Sellés-Martinez (2007), mantonun sıvı olduğu (neredeyse tamamen katı olduğu zaman) yaygın bir yanılgıyı buldular ve birçok ders kitabı "sıvı manto" nun magma ve volkanik lav kaynağı olduğunu öne sürdü.

Lillo'nun (1994) anketindeki çoğu öğrenci, kabuğu gösterilmesi gerekenden çok daha kalın çizdi, bu da Birleşik Krallık'ta çalışan fen bilgisi öğretmenleri (King, 2000) ve ABD'deki üniversite öğrencilerinin (Steer, Knight, Owens ve Mcconnell, 2005) benzer bir yanlış anlaşılmasına paralel olarak ortaya çıktı. Steer vd. (2005), bu yanılgıyı belirledikten sonra, Yeryuvarı'nın çekirdeğinin, mantosunun ve kabuğunun doğru boyutlarını öğretmek için pratik model yapımını ve akran grubu tartışmasını kullandı; Steer vd. (2005), kursun tamamlanmasından birkaç hafta sonra kurs sonrası değerlendirmede gösterildiği gibi, Yeryuvarı'nın çekirdeğinin, mantosunun ve kabuğunun doğru boyutlarını yüksek bir başarı ile öğretmek için pratik model oluşturma ve akran grubu tartışmasını kullandı.

Levha tektoniği

Levha tektoniği - *Yeryuvarı'nın levhalarının hareketinin nedenleri ve etkileri*. Marques ve Thompson (1997b) levha tektoniği öğretildikten sonra 16-17 yaşındaki Portekizli öğrencilerin anlayışlarını araştırdılar. Onlar kıtalar, okyanus havzaları ve kıtaların kaymasıyla ilgili çok çeşitli yanlış anlamaların muhafaza edildiğini buldular; Yeryuvarı'nın manyetik alanı; ve levhalar ve hareketleri. Bu araştırma, bir grup öğrenci ile denenen yapılandırmacı bir yaklaşıma dayalı bir öğretim modülü tasarımının temelini oluşturdu. Bununla birlikte, bu öğretimi aldıktan sonra bile, "bazı öğrenciler hala konularla ilgili yeni problem çözüme görevlerinin üstesinden gelmekte zorlanıyorlardı" (s. 219).

Libarkin vd. (2005), bazı ABD üniversite öğrencilerinin tektonik plakaların konumundan emin olmadıklarını, "bunların yüzeyin altında bir yerde olduklarına inandıklarını", birkaçının ise "tektonik plakaları Yeryuvarı'nın çekirdeğine veya atmosfere yerleştirdiklerini" bulmuşlardır (s. 23). Bu arada Libarkin ve Anderson (2005), ABD'deki üniversite öğrencilerinin çoğu, tektonik plakaların konumunu yeterince anlamadan derslerden çıkıyorlar (s. 394) ve King (2000) araştırmaya katılan İngiltere'deki bilim öğretmenlerinin, Yeryuvarı'ndaki deprem ve ısı akışı dağılımlarının plaka tektoniği ile nasıl bağlantılı olduğuna dair çok az bilgiye sahip olduğunu gösterdi. Libarkin (2006), "[ABD] üniversite öğrencilerinin çoğunun önceki derslerde yerçekimi veya plaka tektoniği hakkında öğrendiklerini iddia edecekleri gerçeği, bu fenomeni tam olarak anladıkları anlamına gelmez" (s. 9) yorumunu yaptı.

Levha tektoniği teorisi mevcut yerbilimsel süreçler anlayışımızın çoğunu desteklediğinden, öğretimin netliği Yeryuvarı süreçlerinin daha geniş bir şekilde anlaşılması için hayati önem taşır. Plaka tektoniği teorisi, bilimsel kanıt ve açıklama yoluyla öğretilirse, teorinin her bölümü için kanıt aranır ve daha sonra kanıt için bilimsel açıklamalar sağlanırsa, yukarıda açıklanan yanlış anlamaların çoğunun hayatta kalması daha az olasıdır.

8.2. İncelenen yanlış anlamalar

Literatür, Yeryuvarı ile ilgili yanlış anlamaların her yaştan insan arasında yaygın olduğunu ve bu yanlış anlamaların çoğu zamanla kaybolurken, diğerlerinin çok uzun ömürlü olabileceğini göstermektedir. Bu özellikle soyut kavramlar ve atomlar ve tektonik plakalar gibi süreçlerin 'görünmeyen' unsurlarında böyledir.

Yukarıda bahsedilen örneklerden bazıları basit hatalar iken ("ayrışma" ve "erozyon" arasındaki karışıklık gibi), diğerleri yer bilimi anlayışının geniş alanlarını etkileyebilecek daha derinlemesine yanlış anlamaları ortaya çıkarmaktadır. Örneğin, öğrenciler kayaları onları

oluşturan süreçlerle ilişkilendiremezlerse, eski Yeryuvarı süreçleri için kayaların sağladığı kanıtları anlayamazlar. Benzer şekilde, kaya döngüsü ve levha tektoniği teorisi gibi modeller bu şekilde anlaşılmazsa, onlar için bilimsel kanıt ve açıklamalar, çalışmalarının kritik unsurları olarak görülmez. Bu tür köklü yanlışlar, yerbilim anlayışını büyük ölçüde engelleyebilir.

Hizmet öncesi ve uygulamalı ilkökul (ilkokul) ve ortaokul (lise) öğretmenleri arasında bulunan yaygın yanlış anlamalar özellikle endişe vericidir. Ayrıca, belirlenen yanlış anlamaların çoğu fen ders kitaplarında da yaygındır (AAAS Projesi 2061 web sitesi; King ve diğerleri, 2005). Bununla birlikte, etkili öğretimin bu tür kavram yanlışlarının yaygınlığını büyük ölçüde azaltabileceğini belirtmek güven vericidir (Dodick ve Orion, 2002; Kali ve diğerleri, 2003; Marques ve Thompson, 1997b; Sibley ve diğerleri, 2007; Steer ve diğerleri, 2005).

9. Yerbilimi eğitiminde mesleki gelişim

9.1. Uygulayıcı öğretmenlerin gelişimi

Acemi ve uzman Yerbilimi öğretmenlerinin basit yerbilimi problemlerini çözümedeki başarılarını karşılaştırdıklarında, Barba ve Rubba (1993) şunları buldu:

Bu sorunların ortaokul fen müfredatının "tipik" olmasına ve her ikisi tarafından kolayca çözülmüş olmasına rağmen, bu çalışmadaki uzman yer ve uzay bilimleri öğretmenleri, problemleri çözerken acemi yer ve uzay bilimleri öğretmenlerine göre daha sık doğru cevapları elde ettiler '(s. 280)

Şu sonuca vardılar:

'Öğretmenleri prosedürel bilgi konusunda eğitmek ["işlerin nasıl yapılacağı" bilgisi] dengeli bir yer ve uzay bilimleri müfredatı için hayati önem taşır. Mevcut yerbilimleri ve yerbilimleri eğitim derslerinin, öğretmen eğitiminin bir parçası olarak daha fazla prosedür bilgisi unsurunu veya laboratuvar yöntemlerini dâhil etmesi gerekir. '(S. 280–281)

Uzman yerbilimi eğitimcilerinin okul düzeyindeki yerbilimi sorunlarını acemilerden daha etkili bir şekilde çözebilecekleri güven verici olsa da, bu uzmanlığın şu anda yerbilimi öğretmen farklı geçmişlere sahip çok çeşitli öğretmenlere nasıl getirileceğine dair temel soru kalır. Bu sorunu çözmek için kullanılan stratejiler, farklı ülkelerdeki yerbilimi eğitimi bağlamına bağlıydı. Yerbilimini ulusal müfredatın küçük bir bölümünü oluşturduğu ve çok çeşitli fen ve / veya coğrafya öğretmenleri tarafından öğretildiği yerlerde, kısa kurslar genellikle en uygun olanıdır. Bir istisna, ulusal müfredat öğretmenlerine daha uzun kurslar sunmanın mümkün olduğu İsrail'dir. Çok daha uzun yerbilimi modüllerinin öğretildiği ABD'de, genellikle daha uzun kurslar kullanılmaktadır. '(s. 280)"

9.2. Ulusal müfredatın yerbilimi bileşenlerinde mesleki gelişim dersleri

İngiltere'deki ortaokul (lise) fen öğretmenlerine kısa kursların önemini destekleyen araştırmalarının bir parçası olarak, King ve Lydon (King, 2001; Lydon & King, 2003), Yerbilimi öğretmenlerinde yer biliminin değerine ilişkin düşük bir algı ile birlikte kurs öncesi düşük bir güven seviyesi olduğunu belirlediler. Bununla birlikte, atölye çalışmasından (workshop) bir yıl sonra gerçekleştirilen, etkileşimli uygulamalı müfredat materyallerini içeren kısa (90 dakikalık) atölye çalışmalarının etkisine ilişkin araştırmalar, yanıt veren tüm okulların yerbilimi öğretimlerinde uzun vadeli değişiklikler yaptığını göstermiştir (King & Lydon, 2007; Lydon & King, baskıda).

Öğretmenlerle yerbilimi arazi çalışmalarını öğretmek için müfredat materyalleri geliştirmek amacıyla kısa süreli kursları kullanan Portekiz deneyimi, olumlu öğrenci geri bildirimini oluşturmuştur (Rebelo, 2003b). Bununla birlikte, çalışma aynı zamanda birçok öğretmenin arazi çalışmasının planlanmasında kendine güveni olmadığını ve hem öğretmenlerin hem de öğrencilerin arazi çalışmasının önemini fark etmelerine rağmen hem öğretmenlerin hem de öğrencilerin deneyim hakkında olumsuz duygular beslediklerini bulmuştur (Rebelo, 2003a). Bu, İsraili öğretmenlerin arazi çalışmasına yönelik tutumları ile Midyan ve Orion (2003) tarafından bulunan gerçek uygulamaları arasındaki boşluğa karşılık gelir.

Almanya'da yer sistemleri eğitimi geliştirme girişimlerinin bir parçası olarak, Hansen ve Hlawatsch (2006) hizmet içi mesleki gelişim atölyelerinin yeni müfredat materyallerinin etkili bir şekilde uygulanmasının çok önemli olduğunu ve materyaller yerel duruma göre özelleştirildiğinde uygulamanın en etkili olduğunu bulmuşlardır.

Bu girişimler, yenilikçi ve erişilebilir müfredat materyallerinin kısa kurslarla entegrasyonunun, bu yaklaşımın profesyonel gelişiminde başarılı bir şekilde uygulanması için kritik olduğunu göstermektedir.

Ulusal müfredat öğretmenleri için kısa geliştirme kurslarından elde edilen bu olumlu sonuçların, İsrail ulusal müfredatının yerbilimleri içeriğinin öğretmenleri için uzun mesleki gelişim kursları kullanma konusunda iyi araştırılmış İsrail deneyimi (Orion & Ault, 2007) ile birlikte belirlenmesi gerekir:

Bu araştırmaların her birinden, uzun vadeli hizmet içi eğitim programlarına katılmalarına rağmen, retmenlerin büyük çoğunluğunun gerçek bir mesleki gelişimden geçmediği sonucuna varıldı. Profesyonel atalet kuraldı. Sonuçlar, anketler ve mülakatlar yoluyla ifade edildiği şekliyle retmenlerin gelişimlerine ilişkin algıları ile gerçek üretim uygulamaları arasında açık bir boşluk olduğunu gösterdi. retmenlerin yeni üretim yöntemlerini uygulama ve yeni bilimsel konuları dâhil etme konusundaki isteksizliğine ek olarak, görüşmeler, reformları gerçekten uygulamalarını engelleyen dört ek faktörü ortaya çıkardı. Onlar genel olarak, değişime yönelik bir endişe duydular ve mesleki eğitim kurumlarının, endişelerinin üstesinden gelmek için gereken pratik araçları onlara sağlamadılar. retmenler, okul yöneticilerinin kendilerine reform için gerekli olan laboratuvar ekipmanı, laboratuvardaki daha kk sınıflar, bilgisayarlar ve açık havada renme ortamlarına erişim gibi kaynakları sağlayamadıklarına inanıyorlardı. Reform, onların yargılarına göre, zamanlarına göre aşırı talepler getirdi. Son olarak, retmenler, Milli Eğitim Bakanlığı ve fen eğitimi müfettişlerini ifte standart uygulamakla suçladılar. Bir yandan Bakanlık reform başlattı ve müfettişler katılımı teşvik etti. Öte yandan, kaynaklar gelmiyordu ve Bakanlık, müfettişleri ulusal bir test rejimi uygulamaya çağırdı. Test etmenin odak noktası, Herkes için Bilim paradigmasına ve yeryuvarı sistemleri yaklaşımına aykırı hedefleri kurumsallaştırma eğilimindeydi. '(S. 679)

Ulusal müfredatın yerbilimi bileşenlerinin üretmenleri için mesleki gelişim araştırması sınırlı olmasına rağmen, kısa kursların retmenlerin günlük üretimini değiştirmede etkili olabileceği gösterilmiştir. Bununla birlikte, daha uzun İsrail kurslarının, yerbilimi mesleki gelişimi yoluyla retmenlerin bakış açılarını değiştirmeye yönelik iddialı hedefleri genel olarak karşılanamamıştır. Açıkçası, hem okullar hem de hkmet tarafından iyi desteklenen, fen eğitimi boyunca daha kapsamlı bir mesleki gelişim programı, günlük üretim ve renme deneyimlerinde daha geniş değişiklikler başlatmak için gerekli olacaktır.

9.3. Daha geniş yerbilimi modülleri üretmenleri için profesyonel gelişim kursları

Mesleki gelişimin ulusal müfredatının bir parçası olmayan daha genişletilmiş yerbilimi modüllerinin üretimi üzerindeki etkilerine ilişkin araştırmalar büyük lde ABD'den gelmektedir. Birnbaum, Morris ve McDavid (1990), kurs öncesi ve sonrası sınavları kullanarak, ABD'deki mesleki gelişim kurslarının ardından% 20'lik bir gelişme olduğunu bulmuşlardır. şu sonuca varmışlardır: en çok ders / laboratuvar / saha yaklaşımı yararlıdır; laboratuvar paylaşımı ve müfredat geliştirme önemliydi; ve katılımcıların süreklilik ve destek için birden fazla dersin dâhil olması gerekir.

Marlow, Wright ve Hand (2003) ABD retmenlerine araştırma becerilerini üretmenin jeolojik bağlamdaki etkililiğini incelemiştir. Onlar çoğu üretmenin süreci daha iyi anladığını

gördüler. Schwerin vd. (2006), çevrimiçi bir Yeryuvarı sistemleri kursunun uygulanmasının ardından, kurs öncesi ve sonrası anketler, takip anketleri ve kurs katılımcıları ile vaka çalışmaları yoluyla 'kursların, öğretmenlerin içerik bilgisi, tutumları ve uygulamaları üzerinde önemli bir etkisi olduğunu bulmuştur. '(s. 215).

Dawkins ve Dickerson (2007), bir mesleki gelişim Yeryuvarı / çevre bilimi kursunun ortaokul ve lise öğretmenleri üzerindeki etkisini araştırarak, kursun temel yönlerini şu şekilde tanımladı:

- '(a) resmi öğretim ortamlarının ötesinde öğretim üyeleri [personel] ile etkileşimler;
- (b) diğer katılımcılarla, özellikle yaz oturumları sırasında kendilerini tanımladıkları küçük gruplar ile kapsamlı bir yıl boyunca iletişim; ve
- (c) öğretmenlerin ortak olarak sahip olduğu öğretim sorumluluklarını hedefleyen güçlü bir içerik odağı. '(s. 67)

Bu bulgular, uzun vadeli mesleki gelişimin önemli bir unsurunun, özellikle Dawkins ve Dickerson'ın (2007) çalışmasında gösterildiği ve İsrail'deki mesleki gelişim çalışmasında (Orion & Ault, 2007) yankılandığı gibi ilgili öğretmenlerin uzun vadeli desteği olduğunu belirtiyor

10. Tartışma ve sonuç

Bu inceleme, özellikle Almanya, İsrail, Portekiz, Tayvan, Birleşik Krallık ve ABD olmak üzere dünyanın farklı yerlerinden önemli yerbilimsel eğitim araştırmaları olduğunu göstermiştir. Bu araştırma genellikle bir kişi tarafından yürütülür, ancak bir grup tarafından desteklenir. Araştırmanın çoğu müfredat geliştirme ile ilişkilidir. Bununla birlikte, en önemli sorunlardan biri, yerbilimi eğitimcilerinin müfredatı etkileme ya da yeni stratejileri ve müfredat materyallerini değerlendirmek için müfredatta yer bulma konusunda genellikle çok az fırsatlarının olması olmuştur. Yine de, daha yapılacak çok şey ve yararlanılacak birçok fırsat penceresi var.

Bazı ülkelerde tasarlanan değerlendirme araçlarının diğer bölgelerde ve müfredat durumlarında test edilmesi için açık bir zorunluluktur: Kali ve Orion'un 'Jeolojik Mekânsal Yetenek Testi' (GeoSAT) (1996); Dodick ve Orion'un (2003b) 'Jeolojik Zaman Yetenek Testi' (GeoTAT); Ben-zvi-Assarf ve Orion'un (2005) Dünya sistemleri düşünme testleri; Vasconcelos ve Salvador'un (2003) açık hava etkinliği değerlendirme ölçeği; ve Libarkin ve Anderson'ın (2005) 'Yerbilimi Konsept Envanteri'.

Ayrıca, bu incelemenin başlangıcında belirlenen yedi yerbilimi eğitim alanından her biri daha fazla geliştirme ve araştırma gerektirir.

Jeobilimsel metodolojinin geniş bir strateji ve beceri topluluğunu içeren geniş kapsamlılığı, pedagojik olarak çok az araştırılmış gibi görünüyor. Aşağıdaki belirli örnekler dışında, bu geniş becerilerin en etkili şekilde nasıl öğretilmesi ve öğrenilmesi gerektiği konusunda çok az bütünsel araştırma vardır. Bu geniş araştırma alanı, öğretme veya öğrenmeye ilişkin vaka çalışmalarından sınavlarda ve proje çalışmasında belirlenen soruların incelemelerine kadar bir dizi nitel ve nicel yaklaşımla ele alınabilir.

Yeryuvarının özelliklerini bir sistem olarak anlamak, çeşitli modellerin ve döngülerin soyut kavramlarını ve bunların nasıl etkileşime girdiğini içerir, bu nedenle, ABD üniversite deneyiminde gösterildiği gibi, öğrencilerin bunları özümsemekte zorlanmaları şaşırtıcı değildir. Bununla birlikte, ileriye dönük etkili yollar, belirli okul düzeyindeki projeler etrafında yapılan araştırmalarla gösterilmiştir. Bunlar, yapılandırmacı unsurları içeren iyi tasarlanmış müfredat materyallerinin profesyonel gelişim ve öğretmenler için destek ile entegrasyonunu içeriyordu. Bu yaklaşımları yalnızca diğer eğitim sistemlerinde test etmek için değil, aynı zamanda ilgili araştırmalarla bağlantılı olarak geliştirilmesi için de alan vardır. Bu gelecek için kritiktir, çünkü çevresel düşünme sadece karmaşık sistemleri ve bunların etkileşimlerini anlamayı içermez, aynı zamanda sosyal ve ekonomik düşünce yerelden küresele kadar benzer anlayışlar gerektirir. Bu, hiçbir yerde doğal ve insan kaynaklı küresel iklim değişikliği ve hem uzun hem de kısa vadede; onu kontrol eden faktörler hakkındaki mevcut endişeden daha iyi açıklanamaz, (Schreiner, Henriksen ve Kirkeby Hansen, 2005).

İsrail'de (Kali ve diğerleri, 1997), ABD'de (Reynolds ve diğerleri, 2002, 2005) ve Birleşik Krallık'ta (UK Earth Science Courseware Consortium web sitesi) tasarlanan bilgisayar animasyonu ile yerbilimsel uzamsal yeteneklerin öğretilmesine yönelik yaklaşımlar test edilmeli ve diğer eğitim sistemlerinde değerlendirilmelidir. Üç boyutlu mekânsal anlayışın temelini oluşturan belirli beceriler, Kali ve Orion (1996) GeoSAT testi gibi yöntemlerle ortaya çıkarılabilir ve bilgisayarların yaygın olarak bulunmadığı yerlerde, bilgisayar tabanlı olmayan müfredat materyallerinin geliştirilmesi ve test edilmesi için de kullanılabilir.

Jeolojik zaman çerçevesi, uzunluğu ve sırası ile ilgili araştırma, popülasyonun ana gruplarının anlaşılmasına dair fikir sağladığına göre, Trend (2001a) tarafından açıklananlar gibi müfredat yaklaşımları geliştirilmeli ve test edilmelidir. Dodick ve Orion (2003b) yetenek testi GeoTAT aracılığıyla, zamanın anlaşılması soyut bir kavram olsa da, bu anlayışı geliştirmede yerbilim çalışmalarının etkili olduğunu göstermiştir. Gezegenimizin karmaşık değişen sistemleri anlaşılacaksa bu gereklidir.

Hawley'in (1998) yerbilimsel arazi çalışması incelemesi, araştırma gerektiren bir dizi anahtar eğitim sorusunu belirledi. Önemli ek sorular okul düzeyinde yerbilimi arazi

çalışmasının geliştirilmesine odaklanmıştır. Bunlar, öğrenci coşkusunu ve jeobilimsel anlayışı, çevresel anlayışı, bilişsel becerileri (yer ve zamanı anlama dâhil) ve dâhil olan öğrencilerin aktarılabılır becerilerini geliştirmek için en etkili yaklaşımlarla ilgilidir. Yerbilimde derinlemesine tutulan çok çeşitli yanlış kanılar tespit edilmiş ve bazı durumlarda bu yanlışların nedenleri araştırılmıştır.

Kavram yanlışlarının daha fazla belirlenmesi ve araştırılması için alan vardır. Bununla birlikte, Marques ve Thompson'ın (1997b) çalışmaları gibi yanlış anlamaların düzeltilmesini içeren yapılandırmacı müfredat materyallerinin geliştirilmesi ve geniş çapta test edilmesi daha acil bir ihtiyaçtır.

Yerbilimi öğretmenleri için etkili mesleki gelişimi çok önemlidir çünkü öğretmenlerin etkili mesleki gelişime eşlik etmedikçe yeni müfredat materyallerini nadiren kullandıkları (Council for Science and Technology, 2000; King, 2001) yaygın olarak gösterilmiştir. Bu nedenle, yukarıda önerilen tüm müfredat girişimleri ve ilgili araştırmaların, iyi hazırlanmış ve test edilmiş mesleki gelişim dersleri ile birlikte ve bunlarla entegre edilmedikçe etkili olma ihtimali düşüktür.

Yakın zamana kadar, araştırmacıların ezici çoğunluğunun görüşü, yalnızca uzun vadeli destekli genişletilmiş kursların, gelişmiş sınıf öğrenimi ile sonuçlanan profesyonel gelişim sağladığıydı (Guskey, 2000; Joyce & Showers, 1988). Adey'in (2004) özetlediği gibi:

"Öğretmenlik uygulamasında herhangi bir gerçek değişikliği ortaya çıkarma yöntemi olarak tek seferlik" INSET günü " uygulaması için mesleki gelişim üzerine araştırma literatüründe evrensel bir kınama vardır." (S. 161)

Ancak, o "Bu kuralın belki de tek istisnası, yeni bir yazılım parçasının kullanılması gibi çok özel bir teknik becerinin tanıtılmasıdır" (s. 161) söylemeye devam etti. Etkili yeni müfredat materyallerine dayandırılması halinde, King ve Lydon (2007) ve Lydon ve King (baskıda), kısa etkileşimli kursların, katılımcıların etkinlikleri kendi başlarına gerçekleştirmesi ve grubun tamamına rapor vermesi durumunda öğretim üzerinde büyük bir etkiye sahip olabileceğini göstermiştir. Geri bildirim oturumu, onları ne yaptıklarını göstermeye ve yararlılığını ve arkasındaki bilimsel düşünceyi değerlendirmeye teşvik eder. Bu önemli bir bulgudur, çünkü dünyanın pek çok yerinde yerbilimlerini ulusal müfredatları aracılığıyla öğreten öğretmenlerin uzun vadeli mesleki gelişim fırsatları yoktur.

Sınıflarda az kaynak gerektiren iyi tasarlanmış etkileşimli etkinlikleri kullanmadan öğretmenin norm olduğu ve mesleki gelişimin sağlanamadığı dünyada genelindeki sınıflarda az kaynak gerektiren iyi tasarlanmış etkileşimli etkinliklerin etkisini keşfetmek için

Uluslararası Dünya Gezegeni Dünya Öğrenme Fikirleri girişimini (Earthlearningidea web sitesi) bu açıdan araştırmak ilginç ve önemli olacaktır.

Özetle, yerbilimleri eğitimi araştırma yayınlarından derlenen bu inceleme, dünya çapında yerbilimi eğitimini ilerletmenin en etkili yolunun iki aşamalı bir süreci içerdiğini göstermektedir. Birincisi, ya ulusal müfredatın bir parçası olarak yerbilim yoluyla ya da seçmeli yerbilimi dersleri yoluyla yerbilimi öğretmek için fırsatlar olmalıdır. İkinci olarak, bu fırsatlar mevcut olduğunda, müfredat geliştirilecekse ve öğretimi etkili olacaksa, iyi tasarlanmış müfredat materyalleri, onların etraflarında inşa edilmiş iyi yapılandırılmış araştırma programları ile profesyonel gelişimle bütünleştirilmelidir. Müfredat geliştirme girişimleri kendi başlarına yeterli değildir, çünkü sınıftaki etkileri gösterilemedikçe, ne uzun vadeli etkililikleri ne de gelecekte geliştirilmeleri gereken yollar için hiçbir kanıt yoktur. Baker (1996) yerbilim çalışmalarının desteklenmesine yönelik güçlü bir talepte bulundu:

'Jeolojik değişimin doğal kaydı, Yeryuvarı'nın gerçek ortamlarındaki değişimle ilgili mevcut bilgilerin en büyük deposudur. Bu kaydın bilgisi, bilimsel yorumu jeologu tanımlayan Yeryuvarı'nın endekslerinin veya işaretlerinin okunmasından elde edilir.

... Bu "Dünya ile konuşma", en azından, şimdiye kadar halka aşırı anlatılan bağımsız analitik bilim kadar çevrenin anlaşılmasını da sağlamalıdır. Jeologların doğalcı akıl yürütme süreçlerini halkla paylaşarak yaşanabilir bir gezegeni sürdürmeye yönelik pragmatik yaklaşımlarını duyurma zamanı gelmiştir. '(S. 43)

Yazmaya devam etti:

Bu deneyimi modern bilimsel söyleme taşımak, bilimlerinin durumuna güvenen jeologların sorumluluğudur. Dahası, yalnızca bilimsel bilgi sağlamanın ötesine geçme ihtiyacı vardır. Sınırları ve güçlü yönleri karar vericilere açıklanmalıdır. Jeolojik yaklaşım, yalnızca ilk problemin tanınmasından bilimsel çalışmaya ve daha sonra toplumsal eylem yoluyla tüm sürece katılım yoluyla tam potansiyelini ortaya çıkaracaktır. Bu çevresel değişim zamanında, jeologların toplumun bu değişimle başa çıkmasına en iyi şekilde yardım edebilecek bilim liderleri olarak ortaya çıkma zamanıdır. '(S. 43)

Bu on yıldan daha uzun bir süre önce yazıldığından bu yana işler çok az değişti ve yerbilimcilerin gezegenimizin geleceği hakkındaki bilimsel tartışmanın merkezinde yer almaları hâlâ bir zorunluluk. Yerbilimi eğitimcileri, bu zorunlulukta, öğrencileri yerbilimci olarak Yeryuvarı'nı incelemeye teşvik etmede ve halkı yerbilimsel fikirlerin anlaşılması konusunda büyük ölçüde eğitmede önemli bir rol oynarlar.

Yerbilimi eğitimi araştırmacılarının, yerbilimi eğitim girişimlerinin maksimum etkiye sahip olmasını sağlamak için kendi zorunlulukları vardır. Yukarıda gösterildiği gibi, Yukarıda

gösterildiği gibi, jeobilim metodolojilerinde ve Yeryuvarı sistemi yaklaşımlarında eğitim, jeobilimsel mekânsal, zaman ve saha çalışması anlayışına, yerbilimi öğrencilerinde yaygın olan yanlışlara ve Bu sorunların çoğunu ele almayı amaçlayan mesleki gelişim girişimlerinin etkinliğine yönelik bu tür araştırmalar için büyük bir kapsam ve ihtiyaç vardır.

Bu inceleme, yerbilim eğitiminin yalnızca aşağıdakiler aracılığıyla ilerleyeceğini göstermektedir:

- yerbilim eğitiminin her çocuğun müfredatının bir parçası haline gelmesini sağlamak;
- yenilikçi, ilgi çekici ve motive edici müfredat geliştirmeleri yoluyla etkili yerbilim öğrenimi sağlamak;
- İyi tasarlanmış mesleki gelişim yoluyla yeni müfredat girişimlerinin etkili bir şekilde uygulanması konusunda öğretmenleri eğitmek;
- Girişimlerin ilerlemesini değerlendirmek ve sonuçları iyileştirmek için kullanmak; ve
- tüm süreci araştırmak, etkinliğini göstermek ve sağlam araştırma bulguları temelinde geniş yayılımı sağlamak.

Yayınlanmış materyallere dayanan bu inceleme, böylece öncelikleri belirlemiş ve jeoloji eğitimine yönelik gelecekteki geliştirme ve araştırmaların odaklanılması gereken yerler için öneriler sağlamıştır.

Teşekkürler

Elizabeth Devon ve Peter Kennett'e, bu incelemenin daha önceki taslağı hakkındaki yararlı yorumları için ve yapıcı eleştirileri için hakemlere ve editörlere çok teşekkür ederiz.

Katkıda bulunanlarla ilgili notlar

Chris King, Keele Üniversitesi'nde (İngiltere) Yerbilimi Eğitimi Profesörü ve Keele'de bulunan Yerbilimi Eğitimi Birimi (ESEU) Direktörüdür. Uluslararası Jeoloji Eğitimi organizasyonunun eski Başkanı ve Uluslararası Jeolojik Bilimler Birliği Jeoloji Eğitimi Komisyonu üyesidir. ESEU, Birleşik Krallık'ta binlerce uygulayıcı ve hizmet öncesi öğretmene SMG sağlamıştır ve faaliyetlerinin birçoğu dünya çapında www.earthlearningidea.com web sitesinde mevcuttur.

References

- Adey, P. (2004). *The professional development of teachers: Practice and theory*. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Adey, P., Shayer, M., & Yates, C. (2001). *Thinking science* (3rd ed.). London: Nelson Thornes.
- American Association for the Advancement of Science (AAAS). Project 2061 website, *Summary*

- of instructional analysis ratings in Earth science. Retrieved May 2008, from <http://www.project2061.org/publications/textbook/mgsci/report/chart-earth.pdf>
- American Geological Institute. (1967). *Earth Science Curriculum Project*. Alexandria, VA: Author.
- Ault, C.R. (1982). Time in geological explanations as perceived by elementary school students. *Journal of Geological Education*, 30, 304–309.
- Ault, C.R. (1984). Everyday perspective and exceedingly unobvious meaning. *Journal of Geological Education*, 32, 89–91.
- Ault, C.R. (1993). Research on problem solving: Earth science. In D.L. Gable (Ed.), *The handbook of research on science teaching and learning*. New York: Macmillan.
- Baker, V.R. (1996). The geological approach to understanding the environment. *GSA Today*, 6, 41–43.
- Barba, R.H., & Rubba, P.A. (1993). Expert and novice, earth and space science: Teachers declarative procedural and structural knowledge. *International Journal of Science Education*, 15(3), 273–282.
- Ben-Chaim, D., Lappan, G., & Houang, R.T. (1988). The effect of instruction on spatial visualisation skills of middle school boys and girls. *American Educational Research Journal*, 25, 51–71.
- Ben-Zvi-Assarf, O., & Orion, N. (2005). The development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 518–560.
- Bezzi, A. (1999). What is this thing called geoscience? Epistemological dimensions elicited with the repertory grid and their implications for scientific literacy. *Science Education*, 83, 675–700.
- Birbaum, S.J., Morris, A.P., & McDavid, D.A. (1990). Improving earth science education through teacher enhancement programs. *Journal of Geological Education*, 38, 213–215.
- Black, A.A. (2005). Spatial ability and earth science conceptual understanding. *Journal of Geoscience Education*, 33, 402–414.
- Blake, A. (2004). Helping young children to see what is relevant and why: Supporting cognitive change in earth science using analogy. *International Journal of Science Education*, 26, 1855–1874.
- Bland, K., Chambers, B., Donert, K., & Thomas, T. (1996). Fieldwork. In P. Bailey & P. Fox (Eds.), *Geography teachers' handbook* (pp. 165–175). Sheffield, UK: The Geographical Association.
- Buck, V. (2006). Field-based learning: A review of published approaches and strategies. *Teaching Earth Sciences*, 31(2), 40–44.
- Catley, K.M. (2006). Darwin's missing link: A novel paradigm for evolution education. *Science Education*, 90, 767–783.
- Chang, C.Y. (2001). Comparing the impacts of problem-based computer-assisted instruction and the direct interactive teaching method on student science achievement. *Journal of Science Education and Technology*, 10, 147–153.
- Chang, C.Y. (2003a). 'The development of a multimedia computer-aided tutorial to improve Earth science instruction', in *Earth science for the global community* (pp. 28–29). Abstracts of the Fourth GeoSciEd IV Conference, Calgary, Canada.
- Chang, C.Y. (2003b). Teaching earth sciences: Should we implement teacher-directed or student controlled CIA in the secondary classroom? *International Journal of Science Education*, 25, 427–438.
- Chang, C.Y., Hua, H.P., & Barufaldi, J.P. (1999). Earth science student attitudes towards a constructivist teaching approach in Taiwan. *Journal of Geoscience Education*, 47, 331–335.
- Chang, C.Y., & Mao, S.L. (1999). Comparison of Taiwan science students' outcomes with inquirygroup versus traditional instruction. *Journal of Educational Research*, 92, 340–346.
- Chang, C.Y., & Weng, Y.H. (2002). An exploratory study on student's problem-solving ability in Earth science. *International Journal of Science Education*, 24(5), 441–451.
- Chang, C.Y., & Lee, W.C. (2006). Investigating Earth science teachers' preferences and practices of goals of Earth science education in Taiwan, in *Geoscience education: Understanding system Earth* (p. 68). Abstracts of the Fifth GeoSciEd Conference. Hanover, Germany.
- Clark, I.F. (Ed.). (1999). *GeoSciEd III, dedicated to teaching and learning*. Third International Conference on Geoscience Education conference proceedings. Canberra: Australian Geological Survey Organisation.
- Compiani, M., & Carneiro, C.D.R. (1996). The didactic roles played by geological excursions. In D.A.V. Stow & G.H.J. McCall (Eds.), *Geoscience education and training: In schools, universities, for industry and public awareness* (pp. 233–242). Rotterdam, The Netherlands: A.A. Balkema.
- Council for Science and Technology (CST). (2000). *Science teachers: A report on supporting and developing the profession of science teaching in primary and secondary schools*. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Crossley, J., & Whitehead, J. (1979). The teaching of geological maps. *Geology Teaching*, 4, 56–61.
- Crossley, J., & Whitehead, J. (1980). The teaching of geological maps II. *Geology Teaching*, 5, 15–19.
- Dahl, J., Anderson, S.W., & Libarkin, J. (2005). Digging into Earth science: Alternative conceptions held by K-12 teachers. *Journal of Science Education*, 12, 65–68.

- Dawkins, K.R., & Dickerson, D.L. (2007). Building a community of teacher learners in an Earth/environmental science professional development opportunity. *Journal of Geoscience Education*, 55, 67–71.
- Dodick, J., & Orion, N. (2002). Introducing evolution to non-biology majors via the fossil record: A case from the Israeli high school system. *American Biology Teacher*, 65, 185–190.
- Dodick, J., & Orion, N. (2003a). Geology as an historical science: Its perception within science and the education system. *Science and Education*, 12, 197–211.
- Dodick, J., & Orion, N. (2003b). Measuring student understanding of geological time. *Science Education*, 87, 708–731.
- Dodick, J., & Orion, N. (2003c). Cognitive factors affecting student understanding of geologic time. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(4), 415–442.
- Dove, J.E. (1996). Student identification of rock types. *Journal of Geoscience Education*, 44, 266–269.
- Dove, J. (1997). Student ideas about weathering and erosion. *International Journal of Science Education*, 19(8), 971–980.
- Dove, J. (1998). Students alternative conceptions in Earth science: A review of research and implications for teaching and learning. *Research Papers in Education*, 13(2), 183–201.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1994). *Making sense of secondary science research into children's ideas*. London: Routledge.
- Duschl, R.A. (1990). *Restructuring science education*. New York: Teachers College.
- Earthlearningidea website. Retrieved May, 2008, from <http://www.earthlearningidea.com/>
- Earth System Science Committee. (1988). *Earth system science: A program for global change*. Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration.
- Elkins, J.T., & Elkins, N.M.L. (2007). Teaching geology in the field: Significant geoscience concept gains in entirely field-based introductory geology courses. *Journal of Geoscience Education*, 55, 126–152.
- Fisher, J. (1995). The national science curriculum and the changing nature of geological fieldwork in UK schools: Some implications for site conservation policy, planning and development. *International Journal of Environmental Education and Information*, 14, 385–392.
- Fortner, R.W. & Mayer, V.J. (Eds.). (1998) Second international conference on geoscience education conference proceedings. *Learning about the Earth as a system*. Columbus, OH: Ohio State University.
- Ford, D.J. (2003). Sixth graders' conceptions of rocks in their local environment. *Journal of Geoscience Education*, 51, 373–377.
- Ford, D.J. (2005). The challenges of observing geologically: Third graders' descriptions of rock and mineral properties. *Science Education*, 89, 276–295.
- Frodeman, R.L. (1995). Geological reasoning: Geology as an interpretive and historical science. *Geological Society of America Bulletin*, 10, 960–968.
- Frodeman, R.L. (1996). Envisioning the outcrop. *Journal of Geological Education*, 44, 417–427.
- Gass, I.G., et al. (1972). S23-Block 2. *Field relations*. Milton Keynes, UK: The Open University.
- GeoSciEd VI Organising Committee. (2003). *Earth science for the global community*. GeoSciEd VI conference proceedings. Calgary, Canada: GeoSciEd VI Organising Committee.
- Gudovich, Y. (1997). *The global carbon cycle as a model for teaching "earth systems" in high school: Development, implementation and evaluation* Unpublished master's thesis, the Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel.
- Gudovich, Y., & Orion, N. (2003). Distance learning as a new tool for studying the earth sciences in high school, in *Earth science for the global community* (p. 68). Abstracts of the Fourth GeoSciEd Conference, Calgary, Canada.
- Guskey, T. (2000). *Evaluating professional development*. Thousand Oaks, CA: Corwin.
- Hansen, K.H., & Hlawatsch, S. (2006). Enactment of Earth system education through curriculum material and in-service workshops, in *Geoscience education: Understanding system Earth* (p. 102). Abstracts of the Fifth GeoSciEd Conference, Hannover, Germany.
- Hansen, H., Hlawatsch, S., & Lücken, M. (2007). Enactment of a geoscience curriculum by using innovative curriculum materials: An exploratory case study. *Geography und ihre Didaktik*, 35, 287–306.
- Happs, J.C. (1982). *Rocks and minerals*. Science Education Research Unit working paper No. 204. New Zealand: Waikato University
- Happs, J.C. (1985a). Cognitive learning theory and classroom complexity. *Research in Science and Technological Education*, 3, 159–174.
- Happs, J.C. (1985b). Regression in learning outcomes: Some examples from earth sciences. *European Journal of Science Education*, 7, 431–433.
- Hawley, D. (1998). Being there: A review of field based teaching and learning. In: H. King (comp.) *Proceedings of the UK Geosciences fieldwork symposium*. Leicester, UK: University of Leicester, Geosciences Education Consortium. Retrieved May, 2008, from: <http://www.gees.ac>

uk/essd/field.htm#KingH

- Hawley, D. (2002). Building conceptual understanding in young scientists. *Journal of Geoscience Education*, 50, 363–371.
- Heller, R. (1962). *Geology and Earth science sourcebook for elementary and secondary schools*. New York: Hole, Rinehart & Winston.
- Hemmer, I., Hemmer, M., Bayrhuber, H., Häussler, P., Hlawatsch, S., Hoffmann, L., et al. (2006). Student's interests in geo-scientific topics, in *Geoscience education: Understanding system Earth* (p. 71). Abstracts of the Fifth GeoSciEd Conference, Hannover, Germany.
- Hidalgo, A.J., & Otero, J. (2004). An analysis of the understanding of geological time by students at secondary and post-secondary level. *International Journal of Science Education*, 26, 845–857.
- Hlawatsch, S., Bayrhuber, H., Euler, M., Hansen, K.H., Hilderbrandt, K., Lucius, E.R., & Siemer, F., et al. (2003). Introducing the Earth as a system: An interdisciplinary, computer-based and cooperative teaching unit for the upper secondary education in Germany, in *Earth science for the global community* (p. 91). Abstracts of the Fourth GeoSciEd Conference, Calgary, Canada.
- Hlawatsch, S., & Bayrhuber, H. (2006). Earth systems education in Germany: Project 'System Earth', in *Geoscience education: Understanding system Earth* (p. 22). Abstracts of the Fifth GeoSciEd Conference, Hannover, Germany.
- Hlawatsch, S., Obermaier, G., & Martin, U. (2006). *Geoscience education: Understanding system Earth*. GeoSciEd V conference proceedings. Hannover, Germany: Deutsche Gesellschaft für Geowissenschaften.
- Hume, J.D. (1978). An understanding of geologic time. *Journal of Geological Education*, 26, 141–143.
- Ireton, M.F.W., Manduca, C.A., & Mogk, D.W. (1996). *Shaping the future of undergraduate earth science education: Innovation and change using an earth system approach*. Washington DC: American Geophysical Union.
- Jenson, M.S., & Finley, F.N. (1996). Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional approaches. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 879–900.
- Joyce, B., & Showers, B. (1988). *Student achievement through staff development*. New York: Longman.
- Kali, Y., & Orion, N. (1996). Spatial abilities of high-school students in the perception of geologic structures. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 369–391.
- Kali, Y., Orion, N., & Mazor, E. (1997). Software for assisting high school students in the spatial perception of geological structures. *Journal of Geoscience Education*, 45, 10–21.
- Kali, Y., Orion, N., & Eylon, B-S. (2003). The effect of knowledge integration activities on students' perceptions of the earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(6), 545–565.
- Kesidou, S., & Roseman, J.E. (2002). How well do middle school science programs measure up? Findings from Project 2061's curriculum review. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 522–549.
- Kempa, R.F., & Orion, N. (1996). Students' perception of co-operative learning in Earth science fieldwork. *Research in Science and Technological Education*, 14(1), 33–41.
- King, C. (2000). The Earth's mantle is solid: Teachers' misconceptions about the Earth and plate tectonics. *School Science Review*, 82, 57–64.
- King, C. (2001). The response of teachers to new content in a National Science Curriculum: The case of the Earth-science component. *Science Education*, 85, 636–664.
- King, C., Orion, N., & Thompson, D. (1995). Earth science in Britain and on the world stage. *School Science Review*, 77, 121–124.
- King, C., Brooks, M., Gill, R., Rhodes, A., & Thompson, D. (1999). Earth science in GCSE science syllabuses and examinations. *School Science Review*, 80, 87–93.
- King, C., Fleming, A., Kennett, P., & Thompson, D. (2003). Can you believe everything you read? What some science textbooks say about Earth Science. *Teaching Earth Sciences*, 28(2), 8–13.
- King, C., Edwards, N., & Hughes, E. (2004). *Earth science in GCSE Double Award Science specifications*. Keele, UK: The Earth Science Education Unit, Keele University.
- King, C., Fleming, A., Kennett, P., & Thompson, D. (2005). How effectively do science textbooks teach Earth Science? *School Science Review*, 87(318), 95–104.
- King, C., & Hughes, E. (2007). *Comparisons of the Earth science-related content of GCSE science specifications in England, Wales and Northern Ireland*. Keele, UK: The Earth Science Education Unit, Keele University.
- King, C., & Lydon, S. (2007). Educating science teachers in Earth science teaching: The Earth Science Education Unit initiative in England and Wales and its transfer to Scotland. *Geography und ihre Didaktik*, 35, 272–286.
- Kusnick, J. (2002). Growing pebbles and conceptual prisms: Understanding the sources of student misconceptions about rock formation. *Journal of Geoscience Education*, 50, 31–39.

- Leather, A.D. (1987). Views of the origin and nature of earthquakes and oil held by eleven- to seventeen-year-olds. *Geology Teaching*, 12, 102–108.
- Lee, H., & Fortner, R.W. (2003). Implementation of the Integrated Earth Systems Science Curriculum: A case study, in *Earth science for the global community* (p. 115). Abstracts of the Fourth GeoSciEd IV Conference, Calgary, Canada.
- Lee, H., Kim, J.L., & Mayer, V. (2003). International comparison of middle school students' understanding of Earth systems concepts and environmental topics: An exploratory study, in *Earth science for the global community* (p. 117). Abstracts of the Fourth GeoSciEd Conference, Calgary, Canada.
- Lee, W.C., & Chang, C.Y. (2006). Secondary school teachers' expected Earth science literacy of students in Taiwan, in *Geoscience education: Understanding system Earth* (p. 69). Abstracts of the Fifth GeoSciEd Conference, Hannover, Germany.
- Libarkin, J.C. (2006). College student conceptions of geological phenomena and their importance in classroom instruction. *Planet*, 17, 6–9.
- Libarkin, J.C., & Anderson, S.W. (2005). Assessment of learning in entry-level geoscience courses: Results of the geoscience concept inventory. *Journal of Geoscience Education*, 53, 394–401.
- Libarkin, J.C., Dahl, J., Beilfuss, M., & Boone, W. (2005). Qualitative analysis of college students' ideas about the Earth: Interviews and open-ended questionnaires. *Journal of Geoscience Education*, 53, 17–26.
- Libarkin, J.C., & Kurdzeil, J.P. (2006). Ontology and the teaching of Earth system science. *Journal of Geoscience Education*, 54, 408–413.
- Lillo, J. (1994). An analysis of the annotated drawings of the internal structure of the Earth made by students aged 10–15 from primary and secondary schools in Spain. *Teaching Earth Sciences*, 19, 83–87.
- Lonergan, N., & Andresen, L.W. (1988). Field-based education: Some theoretical considerations. *Higher Education Research and Development*, 7, 63–77.
- Lovelock, J.E. (1979). *Gaia: A new look at life on Earth*. Oxford: Oxford University Press.
- Lovelock, J.E., & Margulis, L. (1974). Atmospheric homeostasis by and for the biosphere: The Gaia hypothesis. *Tellus*, 26(1), 2–10.
- Lücken, M., Hlawatsch, S., & Raack, N. (2006). Promoting system competency with 'System Earth' education: Evaluation results of the German project 'Forschungsdialog: System Erde', in *Geoscience education: Understanding system Earth* (p. 81). Abstracts of the Fifth GeoSciEd Conference, Hannover, Germany.
- Lydon, S., & King, C. (2003). Earth science in secondary schools in England and Wales: Teacher attitudes and levels of teaching, in *Earth science for the global community* (p. 126–127). Abstracts of the Fourth GeoSciEd IV Conference, Calgary, Canada.
- Lydon, S., & King, C. (in press). Can a single, short CPD workshop cause change in the classroom? *Journal of In-Service Education*.
- Marlow, M.P., Wright, J.L., & Hand, J.D. (2003). A palaeontology network enquiry consortium: Impact on teacher practice. *Journal of Geological Education*, 51, 313–116.
- Marques, L.F. (1988). *Alternative frameworks for urban Portuguese pupils age 10–11 and 14–15 with respect to earth, life and volcanoes* Unpublished Masters dissertation, Keele University, UK.
- Marques, L.F., & Thompson, D. (1997a). Portuguese students' understanding at age 10–11 and 14–15 of the origin and nature of the Earth and the development of life. *Research in Science and Technological Education*, 15, 29–51.
- Marques, L.F., & Thompson, D. (1997b). Misconceptions and conceptual changes concerning continental drift and plate tectonics among Portuguese students aged 16–17. *Research in Science and Technological Education*, 15, 195–222.
- Marques, L., Praia, J., & Kempa, R. (2003). A study of students' preconceptions of the organization and effectiveness of fieldwork in earth sciences education. *Research in Science and Technological Education*, 21, 265–278.
- Mayer, V.J. (1991). Framework for Earth systems education. *Science Activities*, 28(1), 8–9.
- Mayer, V.J. (1995). Using the earth system for integrating the science curriculum. *Science Education*, 79, 375–391.
- Mayer, V.J. (1997). Global science literacy: An Earth system view. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 101–105.
- Mayer, V.J. (Ed). (2002). *Global science literacy*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Mayer, V.J. (Ed). (2003). *Implementing global science literacy*. Columbus, OH: Ohio State University.
- Mayer, V.J., & Armstrong, R.E. (1990). What every 17-year-old should know about planet earth: The report of a conference of educators and geoscientists. *Science Education*, 74, 155–165.
- Mayer, V.J., & Kumano, Y. (1999). The role of system science in future school science curricula. *Studies in Science Education*, 34, 71–91.

- Mayer, V.J., & Tokuyama, A. (2002). Evolution of global science literacy as a curriculum construct. In V.J. Mayer, (Ed.), *Global science literacy*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- McPhee, J. (1981). *Basin and range*. New York: Farrer, Strauss and Giroux.
- Midyan, Y., & Orion, N. (2003). Attitudes of Israeli elementary science teachers towards the implementation of outdoor learning activities as an integral part of an Earth science unit, in *Earth science for the global community* (p. 143–144). Abstracts of the Fourth GeoSciEd Conference, Calgary, Canada.
- National Aeronautics and Space Administration (NASA). (1988). *Earth system science overview: A program for global change*. Washington, DC: NASA.
- National Research Council (NRC) (1966a). *From analysis to action: Undergraduate education in science, mathematics, engineering and technology*. Washington, DC: National Academy Press.
- NRC. (1966b). *National science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- NRC. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Science Foundation (NSF) (1996). *Shaping the future: New expectations for undergraduate education in science, mathematics, engineering, and technology* (NSF 96–139). Arlington, VA: Author.
- Oldroyd, D.R. (1996). *Thinking about the Earth: A history of ideas in geology*. London: Athlone.
- Orion, N. (1993). A model for the development and implementation of field trips as an integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 93(6), 325–331.
- Orion, N. (2007). A holistic approach for science education for all. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3, 111–118.
- Orion, N., & Hofstein, A. (1991). The measurement of students' attitudes towards scientific field trips. *Science Education*, 75(5), 513–523.
- Orion, N., & Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 1097–1119.
- Orion, N., & Thompson, D.B. (1996). Changes in perceptions and attitudes of pre-service postgraduate secondary school science teachers. *International Journal of Science Education*, 18, 577–599.
- Orion, N., Ben-Chaim, D., & Kali, Y. (1997). Relationship between Earth science education and spatial visualization. *Journal of Geoscience Education*, 45, 129–132.
- Orion, N., King, C., Krockover, G.H., & Adams, P.E. (1999a). The development and status of Earth science education: A comparison of three case studies from Israel, England and Wales and the United States of America (Part I). *Science Education International*, 10(2), 13–23.
- Orion, N., King, C., Krockover, G.H. & Adams, P.E. (1999b). The development and status of Earth science education: A comparison of three case studies from Israel, England and Wales and the United States of America (Part II). *Science Education International*, 10(3), 19–27.
- Orion, N. (2002). An Earth systems curriculum development model. In V.J. Mayer, (Ed.), *Global science literacy* (pp. 159–168). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic.
- Orion, N., & Kali, Y. (2005). The effect of an earth-science learning program on students' scientific thinking skills. *Journal of Geoscience Education*, 53, 377–393.
- Orion, N., & Ault, C. (2007). Learning Earth sciences. In S. Abell, & N. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science teaching and learning*. New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Oversby, J. (1996). Knowledge of earth science and the potential for its development. *School Science Review*, 78(283), 91–97.
- Piaget, J. (1929). *The child's conception of the world*. London: Routledge.
- Qualifications and Curriculum Agency (QCA). (1999). *The national curriculum for England: Science*. London: HMSO.
- QCA. (2004). *The national curriculum for England: Science*. London: HMSO.
- QCA Website. *KS3 programme of study*. Retrieved May, 2008, from <http://curriculum.qca.org.uk/key-stages-3-and-4/index.aspx>
- Raia, F. (2005). Students' understanding of complex dynamic systems. *Journal of Geoscience Education*, 53, 297–308.
- Rebelo, D., Marques, L., Marques, E., & Morgado, M. (2003a). Perspectives of Portuguese students and teachers about fieldwork and curriculum materials designed, in *Earth science for the global community* (p. 193–195). Abstracts of the Fourth GeoSciEd IV Conference. Calgary, Canada.
- Rebelo, D., Marques, L., Marques, E., & Morgado, M. (2003b). Teacher training experience towards the improvement of teachers' preparation to develop curricular outdoor activities: A Portuguese perspective, in *Earth science for the global community* (p. 196–197). Abstracts of the Fourth GeoSciEd IV Conference, Calgary, Canada.
- Reynolds, S.J., Piburn, M.D., Leedy, D.E., Mcauliffe, C.M., Birk, J.P., & Johnson, J.K. (2002). *The hidden Earth: Visualization of geologic features and their subsurface geometry*. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching annual meeting, New Orleans.

- Reynolds, S.J., Johnson, J.K., Piburn, M.D., Leedy, D.E., Coyan, J.A., & Busch, M.M. (2005). Visualization in undergraduate geology courses. In J.K. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education* (pp. 253–266). Boston: Kluwer.
- Ross, K.E.K., & Shuell, T.J. (1993). Children's beliefs about earthquakes. *Science Education*, 77, 191–205.
- Rutin, J., & Sofer, S. (2007). Israeli students' awareness of earthquakes and their expected behaviour in the event of an earthquake. *School Science Review*, 88, 57–62.
- Sellés-Martinez, J. (2006). Misleading analogies of mantle dynamics introduce the belief that it is liquid, in *Geoscience education: Understanding system Earth* (p. 75). Abstracts of the Fifth GeoSciEd Conference, Hannover, Germany.
- Sellés-Martinez, J. (2007). Misleading analogies that lead to the belief that the mantle of the Earth is liquid. *Geography und ihre Didaktik*, 35, 207–217.
- Schools Council Geology Curriculum Review Group. (1977). *Schools Council working paper 58: Geology in the school curriculum*. London: Evans Methuen.
- Schoon, K.J. (1992). Students' alternative conceptions of earth and space. *Journal of Geological Education*, 40, 209–214.
- Schoon, K.J. (1995). The origin and extent of alternative conceptions in the earth and space sciences: A survey of pre-service elementary teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 7, 27–46.
- Schreiner, C., Henriksen, E.K., & Kirkeby Hansen, P.J. (2005). Climate education: Empowering today's youth to meet tomorrow's challenges. *Studies in Science Education*, 41, 3–50.
- Schwerin, T.G., Botti, J., Dauksys, C., Low, R., Myers, R., & Slatter, W. (2006). Earth System Science Education Alliance: Online professional development for K-12 Teachers. *Journal of Geoscience Education*, 54, 215–222.
- Sharp, J.G., Mackintosh, A.P., & Seedhouse, P. (1995). Some comments on children's ideas about Earth's structure, volcanoes, earthquakes and plates. *Teaching Earth Sciences*, 20, 28–30.
- Sibley, D.F., Anderson, C.W., Heidemann, M., Merrill, J.E., Parker, J.M., & Szymanski, D.W. (2007). Box diagrams to assess students' systems thinking about the rock, water and carbon cycles. *Journal of Geoscience Education*, 55, 138–146.
- Sommer, C. (2006). Elementary students' system competency, in *Geoscience education: understanding system Earth* (p.79). Abstracts of the Fifth GeoSciEd Conference, Hannover, Germany.
- Steer, D.N., Knight, C.C., Owens, K.D., & McConnell, D.A. (2005). Challenging students ideas about Earth's interior structure using a model-based, conceptual change approach in a large class setting. *Journal of Geoscience Education*, 53, 415–421.
- Stern, L., & Ahlgren, A. (2002). Analysis of students' assessments in middle school curriculum materials: Aiming precisely at benchmarks and standards. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 889–910.
- Stern, L., & Roseman, J.E. (2004). Can middle school science textbooks help students learn important ideas? Findings from Project 2061s curriculum evaluation study: Life science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(6), 538–568.
- Stofflett, R.T. (1993). Preservice elementary teachers' knowledge of the rock cycle. *Journal Geological Education*, 41, 226–230.
- Stofflett, R.T. (1994). Conceptual change in elementary schoolteacher candidate knowledge of rock cycle processes. *Journal of Geological Education*, 42, 494–500.
- Stow, D.A.V., & McCall, G.J.H. (Eds.). (1996). *Geoscience education and training in schools and universities for industry and public awareness*. Rotterdam, The Netherlands: Balkema.
- Thompson, D.B. (1974). Types of geological fieldwork in relation to the objectives of teaching science. *Geology*, 6, 52–61.
- Thompson, D.B. (1979). Recommendations on the geology-Earth science content of the core curriculum for science. *Geology Teaching*, 4, 50–54.
- Thompson, D.B. (1982). On discerning the purposes of geological fieldwork. *Geology Teaching*, 7, 59–65.
- Thompson, D., Praia, J., & Marques, L. (2000). The importance of history and epistemology in the designing of Earth science curriculum materials for general science education. *Research in Science and Technological Education*, 18, 45–62.
- Trend, R. (1998). An investigation into understanding of geological time among 10- and 11-year-old children. *International Journal of Science Education*, 20, 973–988.
- Trend, R. (2000). Conceptions of geological time among primary teacher trainees with reference to their engagement with geoscience, history and science. *International Journal of Science Education*, 22, 539–555.
- Trend, R. (2001a). Deep time framework: A preliminary study of UK primary teachers' conceptions of geological time and perceptions of geoscience. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 191–221.
- Trend, R. (2001b). An investigation into the understanding of geological time among 17-year-old

students, with implications for the subject matter knowledge of future teachers. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 10, 298–321.

Trend, R. (2004). Children's personal interests in selected geoscience topics. *Teaching Earth Sciences*, 29(1), 9–18.

Trend, R. (2005). Individual, situational and topic interest in geoscience among 11- and 12-year-old children. *Research Papers in Education*, 20, 271–302.

Tsai, C.C. (2001). Ideas about earthquakes after experiencing a natural disaster in Taiwan: An analysis of students' worldviews. *International Journal of Science Education*, 23(10), 1007–1016.

UK Earth Science Courseware Consortium (UKESCC) website. Retrieved May, 2008, from <http://www.ukescc.co.uk/>

Vasconcelos, C., & Salvador, P. (2003). Scale for the evaluation of outdoor activities in natural sciences, in *Earth science for the global community* (pp. 248–249). Abstracts of the Fourth GeoSciEd IV Conference, Calgary, Canada.

Westerback, M.E., Gonzalez, C., & Primavera, L.H. (1985). Comparisons of preservice elementary teachers' anxiety about teaching students to identify minerals and rocks and students in geology courses' anxiety about identification of minerals and rocks. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 63–79.