



## Ortaokul Öğrencilerinin Suyun Kaldırma Kuvveti Kavramına Yönelik Bilgi Yapıları: Görüngübilimsel Bir İlksel Olarak Yüzme

Zeki Apaydın<sup>1</sup>

### Öz

Bu çalışmanın amacı ortaokul öğrencilerinin kaldırma kuvveti kavramına yönelik bilgi yapılarının hangi kavramsal değişim teorisiyle örtüştüğünü ve bilgi yapılarının neler olduğunu belirlemektir. Sekiz katılımcıyla yürütülen çalışmanın araştırma verilerinin toplanmasında, yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılmıştır. Çalışmada suyun kaldırma kuvvetiyle ilgili yedi adet amaca uygun soru kullanılmış olup, sorular görsellerle birlikte sunulmuştur. Görüşmede kullanılan sorular ve görseller aracılığıyla farklı bağlamlar oluşturulmuştur. Görüşme videoya alınarak transkripsiyon edilmiştir. Ham veriden hareketle öncelikle temel kodlar oluşturulmuş ve iki ana temayla ilişkilendirilmiştir. Temel kavramların belirlenmesinde, araştırmacı dışında bir uzmana da başvurulmuştur. İki uzman arasında .91 oranında bir uyum bulunmuştur. Sekiz öğrencinin tamamı, dördü ve üçlü soru setlerinden, ilk soru setine (suyun kaldırma kuvveti-kütle ilişkisine yönelik sorular) tutarsız yanıtlar vermişlerdir. İki öğrenci dışında (öğrenci 7 ve öğrenci 8) diğer öğrencilerin ikinci soru setine (suyun kaldırma kuvveti-batan hacim ilişkisine yönelik soru seti) yönelik yanıtlarında da tutarsızlık olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, araştırmanın bulguları, öğrencilerin bilgi yapılarının "parçacıklı bilgi yapısı teorisine" uyumlu olduğunu destekler niteliktedir.

### Anahtar Kelimeler

Fen öğretimi  
Kavramsal değişim teorileri  
Bilgi yapıları  
Suyun kaldırma kuvveti  
Yüzme görüngübilimsel ilkseli

### Makale Hakkında

Gönderim Tarihi: 11.04.2014  
Kabul Tarihi: 16.07.2014  
Elektronik Yayın Tarihi: 06.08.2014

DOI: 10.15390/EB.2014.3258

### Giriş

Fen bilimleri içeriğinin öğrenciler tarafından nasıl öğrenildiği, fen öğretiminin temel sorunlarından biridir. Çünkü fen içeriği, öğrencilerin günlük yaşamlarıyla ilgili birçok kavramdan oluşur. Dolayısıyla öğrenciler fen öğretimiyle ilgili formel öğrenme sürecinin başlangıcında; içinde buldukları kültürel bağlamın ve özellikle de kullanılan dilin etkisi altında, birçok kavrama ilişkin bir naif düşünce sistemine sahip olurlar ve formel öğrenme ortamına, öncül kavramlar ile gelirler.

Fen öğretimi literatüründe kavramların yapısına yönelik birçok psikolojik, bilişsel, epistemolojik, nörobiyolojik çalışmalar ve bunların sonuçlarına yönlendirilen kritikler yer almaktadır (Carey, 1985; 1986; Hatano ve Inagaki, 1994; Keil, 1992; Klein, 2006; Lawson, 1995; 2003a; 2003b; 2003c; Louca, Elby, Hammer ve Kagey, 2004; Smith, diSessa ve Roschelle, 1993; Vosniadou, 1994; Vosniadou, 1996; Vosniadou ve Ioannides, 1998). Bunun yanısıra, özel olarak "Öğrenme nasıl gerçekleşmektedir?" ve "Bu süreçte bilişte neler olmaktadır?" sorusu fen öğretiminde etkin açıklama enstrümanlarından kavramsal değişim ve bilgi yapısı teorilerine yönelik araştırmaları tetiklemiştir (Greca ve Moreira, 2000;

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Türkiye, [zapaydin@omu.edu.tr](mailto:zapaydin@omu.edu.tr)

Limon ve Mason, 2002; Özdemir ve Clark, 2007; Vosniadou, Ioannides, Dimitrakopoulou, ve Papademetriou, 2001; Vosniadou, 2002; Vosniadou, Baltas ve Vamvakoussi, 2007).

Kavramsal değişim teorilerinden, “teori benzeri bilgi yapısı (sentetik anlam) teorisi” kavramların tekil, birbirinden soyutlanmış ve bağımsız şemalar biçiminde yapılar olduğu kabulüne dayanır (Vosniadou, 2002). Böylesi bir kabulün arkasında yatan teorik alt yapı, Piaget’in bilişsel gelişim teorisi, bu teoriden esinlenen yapılandırmacı öğrenme teorisi ve Kuhn (1970)’un paradigmatik değişim yaklaşımından gelmektedir. Ancak parçacıklı bilgi yapısı teorisi (diSessa, 1993) ve alan eğitimi pratiğine yönelik diğer çalışmalar (Posner, Strike, Hewson ve Gertzog, 1982; Chi ve Roscoe 2002), bilime ait kavramların çoğunun birbiriyle ilişkili bir sistem olduğunu ortaya koymuştur. Posner ve ark. (1982)’larının geliştirdiği kavramsal ekoloji teorisi, Piaget ve Khun’un etkisi altında olsa da, kavramsal yapının birbirinden soyutlanmış unsurlar yerine birbiriyle ilişkili elemanlardan oluştuğunu kabul eder.

Belirtilenlerden hareketle çalışmamızın kavramsal çerçevesini iki temel kavramsal değişim teorisinin oluşturduğu ifade edilebilir. Yukarıda da değinildiği gibi bunlar: Vosniadou (1994)’nun teori benzeri bilgi yapısı teorisi ve diSessa (1993)’nın parçacıklı bilgi yapısı teorisidir. Bu çalışmada suyun kaldırma kuvvetinin kavramsallaştırılmasının kavramsal değişim teorilerinden hangisine göre yapılandırıldığı ve bu süreçte öğrencilerin düşünce yapılarının neler olduğunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonuçlarının fen öğretiminde kavramsal öğrenme ile ilgili etkinliklerin geliştirilmesinde ve uygulanmasında, program geliştiricilere, uygulayıcılara ve öğrencilere önemli katkılar sağlaması beklenmektedir. Böylece programlara bağlı ders kitabı içeriği ve deneysel etkinlik uygulamaları öğrenilecek kavramların niteliğine bağlı olarak düzenlenebilecektir.

#### ***Teorilere Yakından Bakış***

Vosniadou’nun teori benzeri bilgi yapısı ve diSessa’nın parçacıklı bilgi yapısı teorisi, yazarların özellikle fizik biliminin en temel kavramlarından olan kuvvet kavramına yönelik farklı zamanlarda gerçekleştirdikleri çalışmalardan kanıtsal destek almaktadır (diSessa, Gillespie ve Esterly, 2004; Ioannides ve Vosniadou, 2002).

Vosniadou (1994)’nun teori benzeri bilgi yapısı teorisi, naif bilişsel yapıya sahip öğrencilerin bilişsel yapılarının, bilim insanlarının bilişsel yapısına benzer olduğunu kabul eder. Böylesi bir bilişsel yapı, ait olduğu bilişsel dönem için belirli tutarlılığa sahip, birbirinden izole ve bağımsız kavramlardan oluşur. Buna göre, kavramsal değişim, bireyin formel öğretim ortamı dışındaki özgün deneyimlerinden hareketle oluşturduğu; belirli bir kavramsal çerçeveye sahip, tutarlı ve naif bilişsel yapılarla başlar. Daha sonraki aşamada birey, formel ortamda fen öğretimi süreçlerinden geçer. İşte bu aşamada karşılaşılan yeni bilgi durumlarıyla önceki kavramsal çerçeve etkileşim içine girer. Böylece, belirli bir dönem boyunca tutarlı ve melez yeni kavramsal yapılar oluşur. Bu yapılar da belirli bir kavramsal çerçeveye sahiptirler. Bu durum, en son aşamada yeni ve tutarlı bir bilimsel kavramsallaştırmanın, melez kavramsal yapının yerine geçmesiyle son bulur. Vosniadou (1994)’nun teorisinin en çarpıcı iddiası, belirli bir bilişsel döneme ait başlangıçtaki naif kavramların ve daha sonraki aşamalarda oluşan melez kavramların da, tıpkı bilimsel kavramlar gibi ilgili dönem için tutarlılık göstermesidir. Örneğin, Vosniadou (1994) çalışmasında, içsel kuvvet (başlangıçtaki kavramsal model), içsel-kazanılmış kuvvet (sentetik ya da melez model) ve kütle çekim kuvveti (bilimsel model) terimleriyle ifade edilen kavramsal modeller tanımlamıştır.

Bir başka boyutuyla bu teoriye göre, öğrenciler okul dışı ortamda kişisel deneyimlerinden hareketle doğayla veya fiziksel evrenle ilgili, örneğin statik evren veya evrende yön algısı şeklinde çerçeve teoriler oluştururlar (Ioannides ve Vosniadou, 2002; Mayer, 2000; Vosniadou, 1994, 2002; Vosniadou ve Brewer, 1992). Oluşturulan bu çerçeve teoriler, fiziksel evrenin özgün bir olgusunun (örneğin kuvvet olgusu) nasıl algılanacağı bakımından bir kapsam yani sınır oluştururlar. Vosniadou (1994)’ya göre aslında kavramsal değişim, bu çerçeve teorisinin değiştirilmesini sağlamaktır. Yani sadece kuvvet, hareket, enerji gibi özgün olgularla ilgili kavramsal yapıya yönelik değişiklikler, beklenen kavramsal değişimi sağlamazlar. Örneklerden hareketle, böyle bir süreçte öğrencilerdeki naif statik evren algısı değiştirilmediğinde, hareketsizlik durumuyla ilgili nedensel bir açıklamaya gereksinim

duyulmazken; hareketli olma durumuna yönelik ise açıklama gereği duyulacaktır. Aynı şekilde evrende yön algısı bilimsel bir temele oturtulmadıkça, boşluktaki bir cismin hareketi aşağı ve yukarı referanslarına dayanılarak açıklanacaktır. Böylece öğrenciler kuvvet, hareket ve enerji gibi kavramlarla ilgili soruların yapısı veya bağlamı değişse de, hep belirli tutarlılıkta naif yanıtlar vereceklerdir. Bir başka deyişle, teori benzeri kavramsal değişim teorisi, herhangi bir olguya yönelik oluşturulmuş özgün bir açıklama ile çerçeve teori arasında sıkı bir ilişki olduğunu kabul etmektedir.

diSessa (1993)'nin teorisi ise, Vosniadou (1994)'nin teorisinden köklü bir biçimde farklıdır. diSessa (1993)'da özellikle öğrencilerin bilişsel yapısı, parçacıklı ve bir örgü şeklinde birbiriyle ilişkili birçok düşünce biriminden meydana gelir. Başka bir ifadeyle, naif bilişsel yapı her düzeyde birçok bilgi ya da düşünce parçacığından oluşmaktadır. diSessa (1993)'ya göre, naif aşamada parçacıklı olan bu yapı, bilişsel yeterlilik düzeyi artsa da; eskiye oranla daha az olmakla birlikte parçacıklı yapıya katkı veren düşünce birimlerini her zaman içerecektir. Bu düşünce birimleri, çoğunlukla henüz kavramsallaşma düzeyine ulaşmamış yapılardır.

Öğrencilerin naif bilişlerinde; küçük, basit, çok sayıda, doğallık hissi yaratan bilgi kırıntılarından oluşan karmaşık bir bilgi örgüsüne sahip olması, bu teorinin en can alıcı noktasını oluşturmaktadır. Bu parçacık şeklindeki yapılar, aynı olguya ait her farklı problem durumunda (bağlamda), farklı hiyerarşik düzeylerde ve karmaşıklıkta ilişkilendirilebilirler (diSessa, 1993, 2002). Böylece her farklı bağlam bu karmaşık düşünce sisteminin farklı bir parçasının harekete geçmesini sağlar. Bu durum da, herhangi bir olguya yönelik oluşturulmuş bilgi yapısının, her farklı bağlamda farklı davranmasına ve tutarsızlık göstermesine neden olur. Bu parçacık şeklindeki yapıya parçacıklı bilgi yapısı teorisine uygun olmak koşuluyla, kavramsal ekosistem de denilebilir (Posner ve ark. 1982; diSessa, 2002). Burada ifade edilmek istenen, okul dışı ortamdaki bireysel deneyimleme aşamasında, fiziksel evrenin herhangi bir olgusuyla ilgili sezgisel bir bilgi yapısı; farklı deneyim alanlarından beslenen sadece algısal (görüngüsel ve özgün deneyimsel düzeydeki doğrudan kanıtlarla ilgili) bilgi parçalarını içermektedir. Bu yapılar görüngübilimsel ilkseller (g-ilkseller) olarak bilinirler (diSessa, 1993, 2002). G-ilkseller, yapıları itibarıyla naif bilişte tekrarlanabilen ve bilişsel eş güdümü sağlayan yapı elemanlarıdır (diSessa ve Minstrell, 1998). Buna göre kavramsal değişim, parçacıklı ve tutarsız bilgi yapılarından; naif bilişsel yapıya göre daha istikrarlı olan bilgi yapılarına geçiş olarak tanımlanabilir. Yani sezgisel parçalı düşünce yapılarının tekrar tekrar organize edilmesi süreci kavramsal değişimle sonuçlanır. Parçacıklı bilgi yapısı teorisinde en önemli noktalardan birisi de, kavramların aşırı bağlam duyarlı olduğu iddiasıdır.

Özetlenirse, teori benzeri bilgi yapısı teorisinde, bireylerin herhangi bir olguya ya da problem durumla ilgili oluşturduğu bir zihinsel model, bu zihinsel modelin temelini oluşturan bir çerçeve teori ve problem duruma özgü bir teori algısı mevcuttur (Vosniadou ve Matthews, 1992). Bu teorik yapı yeni problem durumunun, çerçeve teorisinin etkisi altında çalışan zihinsel modelin sınırları dahilinde çözüme kavuşturulduğunu iddia eder. Buna göre, birçok problem durum mevcut bilişsel yapıya uydurulur (asimilasyon). Ancak zihinsel modeller bireylerin melez yapılar oluşturmalarına da izin verebilecek kadar dinamik ve üretken yapılardır. Bundan dolayı, bu teoride kavramsal değişim, tutarlı naif kavramlardan başlar; tutarlı hibrit kavramlarla devam eder ve tutarlı bilimsel kavramlarla son bulur.

diSessa (1993)'nin parçacıklı bilgi yapısı teorisinde ise, öğrencinin naif bilişsel yapısı tutarsız olup uzman bir bireyin bilişsel yapısı ise görece daha istikrarlıdır. Yani öğrenci ile uzman arasında bilişsel istikrar bakımından büyük bir fark vardır. Bu teoride kavramsal değişim, parçacıklı ve tutarsız sezgisel düşünce yapılarından başlar; parçacıklı bilgi yapısının tekrar tekrar yeniden düzenlenmesiyle daha istikrarlı bilgi yapısıyla son bulur.

### *Literatür*

Fen öğretimi alan yazınında kavramsal değişim ve gelişime yönelik birçok çalışma mevcut olup yapılan çalışmalar; çok büyük bir genellemeden kaçınmakta ve sonuçlarını katılımcılarla sınırlı tutmaktadırlar (Southerland, Abrams, Cummins ve Anzelmo 2001). Bu çalışmalar içinde öğrencilerin farklı fen kavramlarına yönelik bilgi yapılarının, Vosniadou (1994)'nun teori benzeri bilgi yapısı teorisine uygunluğunu (Chi, 1988; Greca ve Moreira, 2000; Harrison, Grayson ve Treagust, 1999; Ioannides ve Vosniadou, 1991; Ioannides ve Vosniadou, 2002; Nersessian, 1989; Vosniadou, 1991; Vosniadou ve Brewer, 1992, 1992b; Vosniadou ve Matthews, 1992; Vosniadou ve Kempner, 1993; Vosniadou, Baltas ve Vamvakoissi, 2007) belgeleyenler mevcutken; diSessa (1993)'ın parçacıklı bilgi yapısı teorisini de deneysel olarak destekleyen çalışmalar bulunmaktadır (Abrams ve Southerland, 2001; Becker ve Towns, 2012; Clark, 2006; Glynn ve Duit, 1995; Libarkin, Kurdziel ve Beilfus, 2003; Greca ve Moreira, 2000; Greenbowe ve Meltzer, 2003; Jasien ve Oberem, 2002; Pintrich, Marx ve Boyle, 1993; Pintrich, 1999; Sherin, 2000, 2001, 2006; Shepardson, Wee, Priddy ve Harbor, 2007; Southerland, Abrams, Cummins ve Anzelmo, 2001; Tytler, 1998; Ueno, 1993).

Vosniadou ve Matthews (1992) ilkökul öğrencilerinin Ay'ın yapısıyla ilgili yeni öğrendikleri kavramları mevcut kavramsal yapılarına uydurduklarını bulgulamışlardır. Diğer bazı çalışmalar ise, öğrencilerin zihinsel yapılarıyla çelişen problem durumlarında ya ayrı ayrı birbiriyle çelişen şemalar oluşturduklarını, ya da kavram yanılığsı biçiminde değerlendirilebilecek hibrit yapılar oluşturduklarını ortaya koymuştur (Chi, 1988; Vosniadou, 1991; Vosniadou ve Brewer, 1992a).

Vosniadou ve Brewer (1992a) Yer Küre'nin şekli ve varlıkların yer küre üzerindeki dağılımıyla ilgili çalışmalarında ise, öğrencilerin farklı bilişsel dönemlerde farklı ve tutarlı zihinsel modellere sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Bundan dolayı öğrencilerin bir kısmı, daha çok okul dışı deneyimleriyle ilişkili başlangıç aşamasındaki zihinsel modelleri; bir kısmı ise eğitim sürecinin değişik aşamalarında ortaya çıkan hibrit modelleri ve diğer bir kısmı da bilimsel kavramsallaştırmalara uygun modelleri sergilemişlerdir.

Benzer şekilde Vosniadou ve Brewer (1992b) gece ve gündüz oluşumuna yönelik çalışmalarında da, öğrencilerin farklı bilişsel dönemler için farklı zihinsel modellere sahip olduklarını belgelemişlerdir. Bu çalışmada da başlangıçta sergilenen naif zihinsel modeller ve formel ortamdaki bilgilerin naif modellerle etkileşime geçmesiyle ortaya çıkan yeni hibrit modeller belirlenmiştir. Bu modellerin belirli bir bilişsel dönem için tutarlılık göstermesiyle ilgili örnekler verilmiştir.

Ioannides ve Vosniadou (1991, 2002) öğrencilerin kuvvet kavramı için de farklı zihinsel modeller oluşturduklarını belirlemişlerdir. Öğrenciler, yine başlangıç aşamasında içsel kuvvet ve kazanılmış kuvvet algılarını sergilerken; fen öğrenme sürecinde, formel bilginin etkisiyle içsel kuvvet ve kazanılmış kuvvet algılarını temsil eden zihinsel yapılarını kütle çekim kuvvetiyle birleştirip yeni hibrit modeller oluşturmuşlardır.

Greca ve Moreira (2000)'ya göre de öğrenciler zihinsel modeller sayesinde olgular hakkında akıl yürütebilmektedirler. Ancak yazarlara göre zihinsel modeller yeni kavramlar ve yeni deneyimlerle sürekli yeniden yapılandırılırlar. Yani dinamiklerdir. Bu dinamiklik kavramsallaştırmanın kişisel ve bağlamsal yanının olmasından kaynaklanmaktadır.

diSessa (1993)'nın parçacıklı bilgi yapısı teorisini destekleyen nitelikteki bir çalışmada, Demastes, Good ve Peebles (1996), kavramların kapsamlı boyuttaki değişimlerini açıklamaya çalışan kavramsal değişim teorilerinin, her kavramsal değişimi tam olarak açıklayamadığını ortaya koymuşlardır. Yaptıkları çalışmada, öğrencilerin evrim teorisine yönelik kavramsallaştırmalarının giderek artan, ikili veya çoklu yapılandırılmalar olduğunu bulgulamışlardır. Bu yöndeki sonuçlar, evrimsel düşünce yapılarının g-ilkse ve parçacıklı bilgi yapısı teorisine oldukça uyumlu olduğunu belgeler niteliktedir.

Tytler (1998) da kavramların bağlam duyarlı olduğuna vurgu yapmıştır. Bu durum anlamsal yapılandırmanın ya da kavramsallaştırmanın koşullara bağlı olarak değiştiğini gösterir niteliktedir. Tytler farklı etkinliklerde öğrencilerin farklı yanıtlar oluşturduğunu belgelerken; naif kavramsallaştırmanın karmaşık, tabakalı ve hiyerarşik bir yapıda olduğunu belirtmiştir. Bu bağlam da Tytler'a göre öğrencilerin yeni bir olguyla örneğin hava basıncıyla ilgili açıklamaları ve düşünceleri üzerinde, madde ve havaya yönelik olgusal deneyimlerinin etkisi büyüktür. Buna göre yeni bir olguyla ilgili açıklamaların dayandığı epistemolojik geçmiş ve ilinti ile fiziksel evreni algılama biçimi yeni açıklamayı etkilemektedir. Çalışma öğrencilerin bir teorinin sağladığı tutarlılık çerçevesinde değil, birbiriyle ilişkili olan kavramsal tabakalar aracılığı ile düşündüğünü iddia etmektedir. Benzer bir bulgu, Turcotte (2012) tarafından da ortaya konmuştur. Turcotte, öğrencilerin herhangi bir özgün olguyla ilgili önceden geliştirdiği kavramsallaştırmayı yeni bir olgusal durumu açıklamak için kullanabildiğini göstermiştir. Öğrenciler, serbest düşme, paraşütün serbest düşmeyi yavaşlatması ve hava direnciyle ilgili açıklamalarıyla, suyun kaldırma kuvveti ve yüzme gibi olgular ile ilgili kavramsallaştırmalarını ilişkilendirmişlerdir. Bu durum diSessa (1993)'nin kavramların ve dolayısıyla naif düşüncelerin birbiriyle ilişkili bir ağörgüsü yapısında olduğu ve bağlama bağlı olarak ağörgüsünün farklı elemanlarının harekete geçebileceği yaklaşımıyla uyumludur. Aynı zamanda her hangi bir g-ilkselin kullanım alanının yaygınlaştırılması yönündeki örneklerle de bir yenisini eklemektedir (diSessa, 1993). Bu çalışmanın ve yukarıda kısaca tanıtılan diğer çalışmaların bulguları, fen kavramlarının öğrenilmesinde farklı kavramsallaştırmaların ve kavramsallaştırma biçimlerinin de olabileceğini destekler niteliktedir. Bu bağlamda öğrencilerin fen kavramlarını hangi kavramsal değişim teorilerine göre oluşturmuş olduğunu tespit etmek fen eğitimi yönünden oldukça önemlidir.

Southerland ve ark. (2001), farklı sınıf düzeylerindeki öğrencilerin ortaya koyduğu yanıtların, bir görüşmenin tamamında % 71'ler ile % 63'ler düzeyinde değişkenlik gösterdiğini belgelemişlerdir. Yine her sınıf düzeyindeki öğrencilerin yanıtlarının, bir görüşmedeki tek bir soru dahilinde dahi değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bir görüşme sırasında değişen açıklamalar boyunca öğrencilerin ilk nedensel açıklamalarını kasten değiştirmedikleri ve açıklamaların gelen sorulara yani bağlama bağlı olarak kısa süre içerisinde değiştiği de ortaya konmuştur. Bu bulgular parçacıklı bilgi yapısı teorisiyle oldukça uyumludur. Çalışmada farklı sınıf düzeylerinde olan öğrencilerin bağlama bağlı olarak farkında olmadan bir amaca yönelik nedensel (teleolojik) ve antropomorfik açıklamalar geliştirdiği belirlenmiştir. Southerland ve ark. (2001)'nin bulguları, öğrencilerin farklı biyolojik mekanizmaları sezgisel olarak gereksinim g-ilkseli ile açıkladıklarını da sergilemiştir. Aynı zamanda farklı sınıf düzeylerindeki öğrencilerin (ikinci sınıf ve on ikinci sınıf öğrencilerinin açıklamalarında dahi) açıklamalarındaki tutarsızlık, bağlam duyarlılık ve geçicilik gibi özellikler devamlılık göstermiş ve öğrencilerin hala parçacıklı bilgi yapısı teorisini destekler nitelikte yanıtlar verdiği gözlenmiştir.

Louca ve ark. (2004) üçüncü sınıf öğretmenleri ve onların öğrencileriyle gerçekleştirdikleri bir çalışmada öğrencilerin bir fen içeriğine yönelik yorumlarında geçişli, bağlama göre anlık değişen düşünce yapılarına sahip olduklarını ve bu durumu en iyi parçacıklı bilgi yapısı teorisinin açıklayabildiğini ileri sürmüşlerdir. Çalışmaya göre bir çerçeve teori algısı yada teori benzeri bilgi yapısı teorisi ve akomodasyon teorisi gibi teoriler, öğrencilerin aynı konuyla ilgili bağlam değişikçe yanıtlarını neden değiştirdiklerini açıklayamamaktadır. Ancak parçacıklı bilgi yapısı teorisi ise, hem fen eğitimi çalışanlara hem de öğretmenlere, öğrencilerin bağlama bağlı olarak yanıtlarını değiştirmelerinin mekanizmasıyla ilgili iyi bir açıklama sunmaktadır.

Clark (2006) ise, öğrencilerin fiziğin termodinamik konusuyla ilgili termal denge, termal duyum ve iletkenlik-yalıtkanlık kavramları bakımından açıklamalarının, çoklu ve parçalı, birbiriyle ilişkili, bağlama göre değişen, çelişkili, tutarsız yapıda olduğunu belgelemiştir. Buna göre yazarın ortaya koyduğu bulgular, öğrencilerin özellikle naif düşünce yapılarının çeşitli organizasyon seviyelerinde, çok sayıda kavramsal elementten oluştuğunu ileri süren parçacıklı bilgi yapısı teorisine uygundur. Aynı zamanda öğrencilerin gerek ilk çalışma gerekse boylamsal durum çalışması boyunca geliştirdikleri açıklamalar, düşüncelerinin çoğunlukla çelişik ve bağlama göre aktifleşen atomistik yapıdaki g-ilksellere uygun düştüğünü göstermektedir.

Sherin (2001), diSessa (1993)'dan hareketle, g-ilksel kavramına uyumlu bir kavramsallaştırma geliştirmiştir. Çalışmasında üniversite öğrencilerinin mevcut olgusal problemleri (bağlamı) açıklamak için yeni formüller oluşturmakta olduklarını ya da mevcut formülleri değiştirdiklerini belirlemiştir. Aynı zamanda Sherin (1996, 2001, 2006), deneyimli ya da yarı deneyimli öğrencilerin düşünce sistemlerinin oldukça büyük, karmaşık ve atomistik bilgi elemanlarından oluştuğunu da ileri sürmüştür. Sherin, bu türden düşünce yapılarını, sembolik formlar olarak adlandırmaktadır. Sherin (2001)'in çalışmasında, öğrenciler serbest düşmeyle ve aynı başlangıç hızıyla hareketlerine başlayan farklı ağırlıklardaki cisimlerle ilgili sorulara tutarsız yanıtlar vermişler ve g-ilksellere uygun sembolik formlar geliştirmişlerdir. Çalışmaya göre, bu durumun nedeni, öğrencilerin fizik öğrenirken, çeşitli bilgi elemanlarını da ediniyor olmalarıdır. Bu türden bilgi elemanları, formel fiziğin yapısından farklı olup; formüllerin uygulanması ve anlamlandırılmasını etkilerler ve diSessa'nın g-ilkselleri gibi davranırlar. Yani sembolik formlar, oluşumları itibarıyla diSessa (1993)'nın tanımladığı kuvvet, hız, hareket, serbest düşme gravitasyon ilişkisi ve enerji gibi kavramların ilkin açıklamalarını oluşturan g-ilksellere karşılık gelmektedirler (Greenbowe ve Meltzer, 2003; Hadfield ve Weiman, 2010; Jasien ve Oberem, 2002). Aynı şekilde Becker ve Towns (2012), üniversite öğrencilerinin dahi matematiksel eşitliklerle ilgili birçok sembolik form niteliğinde açıklama yaptığını belgelemişlerdir. Yazarlar, öğrencilerin bilişinde sembolik formların oluşmasını, öğrenim sürecinde karşılaşılan formel eşitliklerin, temsil ettikleri doğal olgulardan oldukça uzak olmasıyla açıklamışlardır.

Dünyada çeşitli fen kavramlarına (örn: kuvvet, diSessa, Gillespie ve Esterly, 2004; Ioannides ve Vosniadou, 2002); sürtünme kuvveti (Sherin, 2001); biyolojik evrim (Southerland ve ark., 2001), insan dolaşım sistemi (Chi, de Leeuw, Chiu ve LaVancher, 1994); yönelik bilgi yapılarının farklı teorilere göre analiziyle ilgili yayınlar yaygınken; Türkiye'de bu alana yönelik çalışmalar yok denecek kadar azdır (Özdemir, 2007; Özdemir ve Clark, 2009). Suyun kaldırma kuvveti kavramının kavramsal değişim veya bilgi yapısı teorilerine göre analiziyle ilgili önemli bir çalışma, Turcotte (2012) tarafından yayınlanmış olup uluslararası alan yazında bu kavrama yönelik dikkat çekici başka bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Türkiye'de de kavramsal değişim teorileri bakımından, bu kavramın analizine yönelik hiçbir çalışma bulunamamıştır. Bu durum, çalışmamızı önemli kılmaktadır. Bunun yanı sıra fen öğretimi alan yazınında, kavram öğretiminin yükselen bir yaklaşım olduğu günümüzde, kavramsal değişim teorilerine göre öğrencilerin bilgi yapılarının analizinin, program geliştirme çalışmalarına ve dolayısıyla formel öğrenme ortamlarına katkısı kaçınılmaz olacaktır.

Bu bağlamda çalışmamızın araştırma sorusu "Ortaokul sekizinci sınıf öğrencilerinin kaldırma kuvveti kavramına yönelik bilgi yapıları hangi kavramsal değişim teorisiyle örtüşmektedir ve bu bilgi yapıları nelerdir?" şeklindedir.

## Yöntem

Çalışma, nitel bir araştırma olup, görüngübilimsel (fenomenolojik) bir desene sahiptir. Görüngübilimsel desen, farkında olduğumuz, ancak derinlikli ve ayrıntılı bir anlayışa sahip olmadığımız olguları araştırma konusunda, önemli avantajlar sağlamaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Yıldırım ve Şimşek (2008)'in de belirttiği gibi, 'varlıklar, olgular, olaylar, yaşadığımız dünyadaki deneyimler, algılar, yönelimler, durumlar, kavramlar olarak karşımıza çıkabilmektedirler. Bu olgularla günlük yaşantımızda çeşitli biçimlerde karşılaşabiliriz. Fakat bu karşılaşma ve tanışıklık, olguları tam olarak anladığımız ve kavradığımız anlamına gelmez. Bize tümüyle yabancı olmayan, ancak anlamını kavrayamadığımız olguları araştırmayı amaçlayan çalışmalar için görüngübilimsel desen uygun bir araştırma zemini oluşturur.' Böylelikle, olgulara ilişkin kavramlarımızın ilksel temellerini gün ışığına çıkartmak, örtük olanı, gizli olanı deşifre etmek olası hale gelir (Creswell, 1998). Çalışmamızda öğrencilerin suyun kaldırma kuvveti ve yüzme kavramları ve birbirleriyle olan örtük ilişkilerine yönelik algıları konu edinildiği için, derinlikli çözümelemere izin veren görüngübilimsel desen tercih edilmiştir.

### ***Katılımcılar***

Araştırmanın alışma grubunu yaşları 13 ile 15 yaş arasında değişen 8 ortaokul sekizinci sınıf ğrencisi oluşturmuştur. Öğrenciler, Türkiye'de Orta Karadeniz Bölgesinin bir ilindeki özel bir eğitim kurumunda araştırmaya gönüllü olanlar arasından seçilmiştir. Veriler bire bir görüşme yoluyla olacağı için konuşmaya istekli öğrenciler tercih edilmiştir. Ayrıca, ğrencilerin sosyo-ekonomik durumları benzer ve okul başarıları ise orta seviyenin üzerindedir. Öğrenciler çalışmanın konusunu oluşturan fen kavramına (suyun kaldırma kuvveti) yönelik fen bilimleri dersi müfredatı kapsamında daha önceden eğitim almışlardır. Bu bilgilerin tespitinde ilgili kurumda çalışan öğretmenlerden yardım alınmıştır.

### ***Veri Toplama Aracı, Verilerin Toplanması ve Analizi***

Görüşmelerde kullanılan sunum, 7 adet sorudan oluşmaktadır. Sunumda öğrencilerden, her bir sorudaki durumları yorumlamaları istenmiştir. Sorularda suyun kaldırma kuvveti kavramına yönelik farklı görsel bağımlar oluşturulmuştur. Bu bağımlardan biri, kaldırma kuvveti-kütle ilişkisine yönelik sorulardan oluşan birinci soru seti (birinci tema) ve diğerisi ise kaldırma kuvveti-batan hacim ilişkisine yönelik ikinci soru setidir (ikinci tema). Böylece ğrencilerin aynı kavramla ilgili farklı soru bağımlarında yanıtlar oluşturmalarına fırsat sağlanmıştır. İlgili sunum ve uygulama soruları aşağıda verilmiştir.

Soru 1)



şekilde farklı yoğunluktaki sıvılara K cisimi bırakılıyor. Bu cisme her iki durumda da uygulanan kaldırma kuvvetleri nasıldır? Neden?

Soru 2)



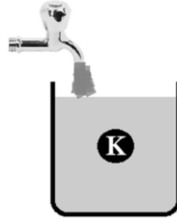
şekilde farklı yoğunluktaki sıvılara eşit kütleli K ve L cisimleri bırakılıyor. Bu cisimlere uygulanan kaldırma kuvvetleri nasıldır? Neden?

Soru 3)



şekilde aynı yoğunluktaki sıvılara eşit kütleli K ve M cisimleri bırakılıyor. Bu cisimlere uygulanan kaldırma kuvvetleri nasıldır? Neden?

Soru 4)



Şekildeki sıvıda dengede duran bir K cismi bulunmaktadır. Bu sıvıya, kaptaki sıvıdan daha yoğun bir sıvı eklenince K cisminin etki eden kaldırma kuvvetinin son durumu ne olur? Neden?

Soru 5)



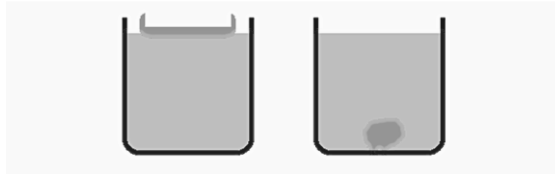
Şekildeki sıvıya eşit batan hacimli K ve N cisimleri bırakılıyor. Bu cisimlere uygulanan kaldırma kuvvetleri nasıldır? Neden?

Soru 6)



Kaptaki sıvıya askıda kalacak şekilde eşit hacimli K ve P cisimleri bırakılıyor. Bu cisimlere uygulanan kaldırma kuvvetleri nasıldır? Neden?

Soru 7)



Şekildeki oyun hamurundan yapılan kayık yüzmektedir. Aynı kayık sıkıştırılıp tekrar kaba atıldığında dibine batmaktadır. Bu kayığa her iki durumda da uygulanan kaldırma kuvvetleri nasıldır? Neden?

Şekil 1. Çalışmada Kullanılan Veri Toplama Aracı ve Sorular

Bu uygulamalar yapılırken “ne demek istiyorsun?” ve “biraz daha açar mısın?” şeklindeki sorularla, öğrencilerin yanıtlarının arkasındaki temel düşünce yapılarına ulaşılmaya çalışılmıştır. Bütün görüşmeler, araştırmacı tarafından video kaydına alınmış ve kayıtların transkripsiyonu yapıldıktan sonra görüşme kayıtlarının analizine başlanmıştır.

Verilerin analizinde Vosniadou ve Brewer (1992, 1994) ve Creswell (1998) tarafından tanımlanan kodlama ve analiz yöntemlerinden esinlenilmiştir. Ham veri analiz edilirken başvuru ve soru setlerine yönelik bilimsel olan kavramsal ilişkilendirmeyi gösteren referans temel kavramlar tablosu aşağıda verilmiştir (Tablo 1). Bu analiz yöntemi temel olarak şu basamaklardan oluşmaktadır: (1) ham verilerden hareketle suyun kaldırma kuvvetiyle ilişkili kodların tespiti, (2) öğrencilerin düşüncelerinin sorulara bağlı oluşturulmuş iki ana temayla (kaldırma kuvveti-kütle ilişkisi ve kaldırma kuvveti-batan hacim ilişkisi) ilişkilendirilmesi, (3) bulguları pekiştiren kanıtların (alıntılarının) sunulması, (4) öğrencilerin naif düşüncelerini temellendiren bilgi yapısının ya da yapılarının belirlenmesi.



Öğrencilerin düşüncelerinin önceden oluşturulmuş iki temayla ilişkilendirilmesi, araştırmacı dışında bir uzman tarafında da irdelenmiştir. Bu bağlamda ham veride tekrarlanan kavramlarla suyun kaldırma kuvveti-kütle ve suyun kaldırma kuvveti-batan hacim temalarını ilişkilendirilmede iki uzman arasında .91 oranında bir tutarlılığa rastlanmıştır.

**Tablo 1.** Soru Setleriyle İlişkili Temel Kavramlar

	Kütle	Cismin Hacmi	Batan Hacim	Sıvının Yoğunluğu
1. Farklı Yoğunluktaki Sıvılarda Aynı Cisimlere Uygulanan Kaldırma Kuvveti	Aynı cisimlerin kütleleri de aynı olacağından onlara etki eden kaldırma kuvvetleri de aynıdır.	Cisimlerin kütleleri aynı olduğu için, cismin hacminin kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.	Cisimlerin kütleleri aynı olduğu için, cismin batan hacminin kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.	Cisimlerin kütleleri aynı olduğu için, sıvının yoğunluğunun kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.
2. Farklı Yoğunluktaki Sıvılarda Eşit Kütleli Farklı Cisimlere Uygulanan Kaldırma Kuvveti	Aynı cisimlerin kütleleri de aynı olacağından onlara etki eden kaldırma kuvvetleri de aynıdır.	Cisimlerin kütleleri aynı olduğu için, cismin hacminin kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.	Cisimlerin kütleleri aynı olduğu için, cismin batan hacminin kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.	Cisimlerin kütleleri aynı olduğu için, sıvının yoğunluğunun kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.
3. Aynı Yoğunluklu Sıvılarda Eşit Kütleli Farklı Cisimlere Uygulanan Kaldırma Kuvveti	Aynı cisimlerin kütleleri de aynı olacağından onlara etki eden kaldırma kuvvetleri de aynıdır.	Cisimlerin kütleleri aynı olduğu için, cismin hacminin kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.	Cisimlerin kütleleri aynı olduğu için, cismin batan hacminin kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.	Cisimlerin kütleleri aynı olduğu için, sıvının yoğunluğunun kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.
4. Sıvıya Eklenen Daha Yoğun Bir Sıvının Cisme Uyguladığı Kaldırma Kuvveti	Karışımın yoğunluğunun artmasıyla aynı cismin yine batmaması kaldırma kuvvetinin aynı kalmasını gösterir.	Bu durum için cismin hacminin kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.	Bu durum için cismin batan hacminin kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.	Sıvının yoğunluğu artması sonucu cisim yukarı çıktığı için bu durumun kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.
5. Aynı Sıvıda Eşit Batan Hacimli Farklı Cisimlere Uygulanan Kaldırma Kuvveti	Cisimlerin kütleleri bilinmediği için kaldırma kuvveti hakkında yorum yapılamaz.	Bu durum için cismin hacminin kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.	Aynı sıvıda batmamış durumda duran cisimlerin batan hacimleri aynı olduğu için kaldırma kuvvetleri aynıdır.	Bu durum için sıvının yoğunluğunun kaldırma kuvvetine etkisi bir etkisi yoktur.
6. Aynı Sıvıda Eşit Hacimli Askıda Kalan Farklı Cisimlere Uygulanan Kaldırma Kuvveti	Cismin kütleleri bilinmediği için kaldırma kuvveti hakkında yorum yapılamaz.	Aynı sıvıda askıda kalan cisimlerin batan hacimleri aynı olduğu için kaldırma kuvvetleri aynıdır.	Aynı sıvıda askıda kalan cisimlerin batan hacimleri aynı olduğu için kaldırma kuvvetleri aynıdır.	Bu durum için sıvının yoğunluğunun kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.
7. Oyun Hamurundan Yapılan Oyuncak Gemiyi Batırma	Bu durum için kütlelenin kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.	Bu durum için cismin hacminin kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.	Hamurun batan hacmi azaldığı için dibe batmıştır ve kaldırma kuvveti buna bağlı olarak azalmıştır.	Bu durum için sıvının yoğunluğunun kaldırma kuvvetine bir etkisi yoktur.

## Bulgular

Analiz sonuçlarına göre, sekiz öğrencinin 7 soruya yönelik yanıtlarından oluşan ham veriden 2 ana temayla ilgili 9 adet kod (sıvının yoğunluğu [S.Y.], kütle/ağırlık [K./A.], cismin yoğunluğu [C.Y.], cismin hacmi [C.H.], cismin şekli [C.Ş.], batan hacim [B.H.], batma [B.], yüzey alanı [Y.A.], özdeş cisim [Ö.C.]) belirlenmiştir (Tablo 2). Buna göre katılımcıların tamamı suyun kaldırma kuvveti-kütle ilişkisine yönelik soru setine (1.-4. sorular) verdikleri yanıtlarda tutarsızlık sergilemiştir (Tablo 2).

**Tablo 2.** Öğrencilerin İki Soru Seti Kapsamında Kaldırma Kuvveti Kavramına Yönelik Düşünceleri

	Kaldırma Kuvveti – Kütle İlişkisi (Birinci Soru Seti) 1.-4. Sorular				Kaldırma Kuvveti – Batan Hacim İlişkisi (ikinci Soru Seti) 5.-6. Sorular		
	1	2	3	4	5	6	7
	Ö1	S.Y.	K./A.	C.Y.	S.Y.	B.H.	B.H.
Ö2	B.H.	K./A.	K./A.	K/A.	B H.	B.H. ve C.H.	Y.A.
Ö3	Ö.C.	C.Ş. ve C.Y.	C.H.	S.Y.	C.H. ve C.Y.	C.H. ve C.Y.	B.H. ve C.Y.
Ö4	K./A.	K./A.	C.H.	B.H. ve S.Y.	B.H.	C.Y. veK./A.	B. ve K./A.
Ö5	B.H.	S.Y.	C.H. ve C.Y.	S.Y.	B.H.	B.H./C.H.	B.H.
Ö6	K./A.	K./A.	K./A.	S.Y.	C.H. C.Y. ve K./A.	C.H. C.Y. ve K./A.	C.H.
Ö7	Ö.C.	S.Y.	C.H. ve Y. A.	S.Y.	C.H.	C.H.	C.H.
Ö8	K./A.	C. H. C.Y. ve S. Y.	C.H. ve C.Y.	S.Y.	C.H.	C.H.	C.H.

Tablo 2'ye göre, kaldırma kuvveti-kütle ilişkisi ile ilgili soru setindeki ilişkilendirmeler ve destekleyici nitelikteki alıntılar aşağıda verilmiştir:

**Ö1**, birinci ve dördüncü sorularda kaldırma kuvvetinin, “sıvının yoğunluğu” kavramıyla; üçüncü soruda ise cismin yoğunluğu kavramıyla ilişkili olduğunu belirtmiştir. **Ö1**, ikinci soruda ise kaldırma kuvvetiyle “kütle” kavramını ilişkilendirmiştir. Birinci soru setinde **Ö1**'in yanıtlarında tutarsızlığa neden olan en tipik ilişkilendirmelerden birisi sıvının yoğunluğu ve kaldırma kuvveti ilişkilendirmesidir. Buna göre bu ilişkilendirmeyi birinci soru için; “... *Şey önce suların yoğunluklarına göre kaldırma kuvvetleri değişiyor...Bunda yüzendeki kaldırma kuvveti daha fazladır...*” ve dördüncü soru için; “... *Kaptaki sıvıdan daha yoğun bir sıvı döküleceği için yani kaba yine, yoğunluğu daha çok artar. O yüzden kaldırma kuvveti de artar...*” şeklindeki alıntılar belgeler niteliktedir.

**Ö2**, ikinci, üçüncü ve dördüncü sorularda kaldırma kuvveti kavramını “kütle” kavramıyla ilişkilendirirken; birinci soruda ise “batan hacim” kavramıyla ilişkilendirme kurmuştur. **Ö2**'nin yanıtlarında tutarsızlığa neden olan en tipik ilişkilendirme, birinci soruda kaldırma kuvvetinin batan hacim kavramıyla ilişkilendirilmesidir. İlişkilendirmeyi belgeleyen alıntı, “... *Burada batan hacim daha fazla... Kaldırma kuvveti daha fazla olur...*” şeklindedir.

**Ö3**, ikinci soruyu “cismin şekli”, üçüncü soruyu “cismin hacmi”, dördüncü soruyu “sıvının yoğunluğu” kavramlarıyla ilişkilendirirken; yalnızca birinci soruyu “kütle” kavramlarıyla ilişkilendirmiştir. **Ö3**'te, ikinci soru için tutarsızlığa neden olan ilişkilendirmelerin alıntıları; “... *Fakat burada cisimler de farklı...*”, “... *Eşit kütleli, farklı olabilir ikisinde de. Sıvılar da farklı, cisimler de...*” biçimindeyken; üçüncü soru için, “... *Farklı olabilir. Çünkü bunun hacmi daha fazla olduğu için, aynı sıvıda*”

olsa, yüzerken fark daha fazla kaldırma kuvveti..." biçiminde olup; tutarsızlığa neden olan dördüncü soru için, "... Sıvının yoğunluğu artarsa... Kaldırma kuvveti de artar." ifadesi kanıt niteliğindedir.

**Ö4**, üçüncü soruyu "cismin hacmi" kavramıyla, dördüncü soruyu ise "sıvının yoğunluğu ve batan hacim" kavramlarıyla açıklamış, birinci ve ikinci soruyu ise "kütle" kavramıyla ilişkilendirmiştir. **Ö4**'ün yanıtlarında tutarsızlığa neden olan üçüncü soruyla ilgili alıntı, "... İşte  $V$  batan çarpı  $d$  sıvı formülünü düşündüğümüzde sıvılar aynı zaten, yoğunlukları, şimdi şey bunlar eşit kütleli dediğine göre buna daha fazla, bu daha fazla kalkmış. Demek ki bunun hacmi daha da fazla bundan..." şeklinde olup; dördüncü soruda ise, "... İşte sıvının yoğunluğuna da bağlıdır kaldırma kuvveti. Batan hacmine göre değişiyor. Bir de sıvının yoğunluğuna göre değişiyor. Oradaki sıvıya, kaptaki sıvıdan daha yoğun bir sıvı eklediğimizde, karışıyor dimi bunlar?..." ve "... yoğunlukta artma olacak. O yüzden de  $v$  batan çarpı  $d$  sıvı. Batan hacminin aynı olduğunu düşünürsek..." ifadeleri kanıt oluşturmaktadır.

**Ö5**, birinci soruda " batan hacim" ve üçüncü soruda "cismin hacmi ve cismin yoğunluğu" kavramlarıyla ilişki kurarken; ikinci ve dördüncü soruların açıklamalarında ise "sıvının yoğunluğu" kavramıyla bağlantı kurmuştur. Naif ve tutarsızlık yaratan bu ilişkilendirmelerle ilgili olarak, birinci soru için, "... Hu, eee... Kaldırma kuvvetinin formülü  $V$  batan çarpı  $d$  sıvıdır. Birinci şekilde batan hacim daha fazla olduğu için kaldırma kuvveti daha fazladır. İkinci şekildeyse mmm hacmin yarısı battığı için kaldırma kuvveti daha azdır..."; üçüncü soru için, "...  $K$  cisminin yoğunluğu, sıvının yoğunluğuna eşittir. Ama  $M$  cisminin hacmi daha büyük olduğu için yoğunluğu daha küçüktür. Bu yüzden kaldırma kuvveti  $K$ 'den daha küçüktür..."; ikinci soru için, "... İuu, hangi sıvının yoğunluğu daha fazlaysa kaldırma kuvveti daha büyüktür..." ve dördüncü soru için, "... Daha yoğun bir sıvı eklenirse sıvının yoğunluğu artar.  $K$  cismine etki eden kaldırma kuvveti azalabilir..." ifadeleri kanıt olarak verilebilir.

**Ö6**, birinci, ikinci ve üçüncü sorularda kaldırma kuvveti kavramını "kütle" kavramıyla ilişkilendirirken; dördüncü soruda ise "sıvının yoğunluğu" kavramıyla ilişkilendirmiş ve böylece tutarsızlık göstermiştir. Buna göre **Ö6** için, tutarsızlığa neden olan dördüncü soruya yönelik, "...Yoğunluk değiştiği için... aslında kaldırma kuvveti artıyor. Yukarı çıkıyor. Kaldırma kuvveti artıyor..." ve "... Daha yoğun bir sıvı ile karıştırıldığı için, tam ortasında, yani... ilk sıvının yoğunluğu ile eklenen sıvının yoğunluğu arasında olacak. Dolayısıyla yoğunluk artıyor..." ifadeleri kanıt niteliğini taşımaktadır.

**Ö7**, birinci soruyu "özdeş cisim", ikinci ve dördüncü soruları "sıvının yoğunluğu", üçüncü soruyu ise "cismin hacmi ve yüzey alanı" kavramlarıyla ilişkilendirmiştir. **Ö7** için, tutarsızlığa neden olan yanıtlara ait alıntılar birinci soru için, "... O yüzden hangi sıvıda olursa olsun, aynı cisim, aynı kaldırma kuvveti uygulanır diye düşünüyorum..." ve "... Burada aynı cisim olduğu için aynı kaldırma kuvveti uygulanır..."; ikinci soru için, "... Eee daha fazla  $L$ 'nin kaldıran şeyin sıvının daha yoğun olduğunu düşünüyorum. Çünkü daha fazla kaldırmış...", dördüncü soru için, "... Eee yoğunluğu daha fazla bir sıvı eklendiği için kaldırma kuvveti daha fazla olur...", üçüncü soru için ise, "...  $M$ 'nin hacmi daha büyük olduğu için sanırım daha fazla kaldırmış. O yüzden eee  $M$ 'ye daha fazla yüzey alanı olduğu için  $M$ 'de daha çok kaldırdığımı düşünüyorum. Kaldırma kuvveti  $M$ 'de daha fazladır..." ve "...  $K$ 'nin hacmi  $M$ 'ye göre daha küçük, daha az kaldırma kuvveti etki ediyor diye düşünüyorum..." şeklindedir.

**Ö8**, birinci soruyu "kütle", ikinci ve üçüncü soruyu "cismin hacmi ve cismin yoğunluğu" dördüncü soruyu ise "sıvının yoğunluğu", kavramıyla ilişkilendirmiştir. Buna göre **Ö8**'e ait, tutarsızlığa neden olan yanıtlara yönelik alıntılar, ikinci soru için, "... Çünkü  $L$  cismi ile  $K$  cismi eşit kütleli ama hacimleri farklı.  $L$ 'nin hacminin daha büyük olduğunu düşünüyorum. Bu yüzden yoğunluğu az olur. Yoğunlukları da farklı sıvıların...", üçüncü soru için, "... Eee kaldırma kuvvetleri aynıdır. Aynı sıvı, fakat eşit kütleli olmasına rağmen hacimleri farklı, yoğunlukları da farklı olur. Eee kaldırma kuvvetleri aynı olmaz aslında.  $K$ 'ninki  $M$ 'den küçüktür. Çünkü  $M$ 'nin hacmi daha büyük. Yoğunluğu da daha az olur. Bu sefer suyun ona uyguladığı kaldırma kuvveti  $K$ 'den büyüktür..." ve dördüncü soru için, "... Kaldırma kuvvetinin son durumu... kaptaki daha yoğun.  $K$ , kaldırma kuvveti artar..." ve "... Sıvıdan dökülen, dökülen sıvı, kaptaki sıvıdan büyük olduğu için  $K$  cismini daha da yukarı iter. Bunun yoğunlukla alakası vardır..." olarak verilebilir.

Kaldırma kuvveti – Batan hacim ilişkisi ile ilgili soru setinde (5-7. sorular) ise, öğrencilerden **Ö2** ve **Ö4**'ün sorulara verdikleri yanıtlarda tutarsızlık sergiledikleri başka bir ifadeyle ilgili soru seti boyunca gerçekleştirdikleri akıl yürütmelerde en az bir kavram bakımından dahi istikrarlı olmadıkları belirlenmiştir (Tablo 2). **Ö1**, **Ö3**, **Ö5**, **Ö6**'nın ise tüm soru setinde en az bir kavram yönünden bir tutarlılığa sahip oldukları tespit edilmiştir. Ancak bu öğrencilerin de tek bir soru dahilinde gerçekleştirdikleri akıl yürütmelerde yanıtları bakımından tutarsızlık sergiledikleri tespit edilmiştir (Tablo 2).

İkinci soru setinde, yanıtlarında tutarsızlık sergileyen öğrencilere yönelik ilişkilendirmeler ve destekleyici nitelikteki alıntılar aşağıda verilmiştir. Buna göre, tüm soru seti için tutarsızlık sergileyen öğrencilerden; **Ö2**, beşinci soruda kaldırma kuvveti kavramının niceliğini "batan hacim", altıncı soruda "batan hacim ve cismin hacmi" ve yedinci soruda "yüzey alanı" kavramlarıyla değerlendirmiştir. **Ö4**, ise beşinci soruda "batan hacim", altıncı soruda "kütle/ağırlık ve cismin yoğunluğu" kavramlarıyla ve yedinci soruda sadece "batma ve kütle/ağırlık" kavramlarıyla ilişki kurmuştur. Aynı zamanda **Ö2**'nin, altıncı soruda "batan hacim" ve "cismin hacmi" kavramlarına göndermede bulunarak; birden fazla kavramla anlamlı ilişki kurduğu ve bir tutarsızlığa düştüğü; **Ö4**'ün de altıncı soruda "kütle/ağırlık" kavramı dışında "cismin yoğunluğu" kavramıyla ve yedinci soruda, yine "kütle/ağırlık" kavramı dışında "batma" kavramıyla ilişkilendirmede bulunduğu ve böylece tek bir soru içinde tutarsızlık gösterdiği belirlenmiştir.

Tüm soru setinde en az bir kavram bakımından tutarlılığa sahip; ancak tek bir soru kapsamında tutarsızlık gösteren öğrencilerden; **Ö1**, beşinci, altıncı ve yedinci sorularda "batan hacim" kavramı bakımından bir tutarlılık sergilerken; yedinci soruda "batan hacim" kavramıyla birlikte "batma" kavramıyla da ilişki kurarak bir tutarsızlık göstermiştir. **Ö3**, "cismin yoğunluğu" kavramı yönünden soru seti boyunca bir tutarlılık sergilerken; beşinci ve altıncı soruda "cismin hacmi ve cismin yoğunluğu" ve yedinci soruda ise "batan hacim ve cismin yoğunluğu" kavramları arasında bir bağ kurma çabası göstererek yanıtlarında soru içi bir tutarsızlığa sürüklenmiştir. **Ö5**'in, beşinci, altıncı ve yedinci sorularda "batan hacim" kavramı bakımından bir tutarlılık ortaya koyduğu; fakat aynı öğrencinin altıncı soruda "batan hacim" kavramının dışında cismin toplam hacmine gönderme yapan "cismin hacmi" kavramına da baş vurduğu ve tutarsızlık sergilediği belirlenmiştir. **Ö6**'nın, "cismin hacmi" kavramı bakımından tüm soru setinde bir tutarlılık sergilediği; ancak beşinci ve altıncı sorularda "cismin hacmi" kavramıyla birlikte "cismin yoğunluğu" ve "kütle/ağırlık" kavramlarına da gönderme yaptığı ve dolayısıyla soru içi tutarsızlık gösterdiği tespit edilmiştir.

Tutarsızlıklara kanıt oluşturan alıntılar yukarıdaki sıralamaya uygun olarak şöyledir:

Buna göre, **Ö2**'de, hem sadece tek bir soru hem de soru setinin tamamı dikkate alındığında tutarsızlığa neden olan yanıtlar; altıncı ve yedinci sorularla ilgili yanıtlardır. Buna göre altıncı soru için, "... Sıvıda askıda kaldıklarına göre batan hacimleri eşit. Zaten hacimleri de eşit diyor. D sıvı da eşit olduğu için kaldırma kuvvetleri de eşittir..." ve "... Eşit hacimli olmalarına bağlıyorum..." ve yedinci soru için, "... Sıvıya uyguladığı yüzey alanına bağlıyorum..." biçimindeki alıntılar kanıt niteliği taşımaktadır.

**Ö4**'te, tutarsızlığa neden olan yanıtlar özellikle altıncı ve yedinci soru olup; altıncı soru için, "... Şimdi şey, aynı bu örnekleri işledik de, tam askıda kaldıkları zaman kaldırma kuvveti cismin ağırlığına eşit olarak deniliyordu. Şimdi bunlar ikisi de kaldıysa sıvıyla demek ki yoğunlukları aynı, askıda kaldığı için. İkisi de askıda kaldığı görülüyor. O zaman kütlelerinin de aynı olacağını söyleriz. Bu yüzden aynı..." ve "... Dediğim gibi, kaldırma kuvveti eşittir cismin ağırlığı..." ve yedinci soru için, "... Tam dibe çöktüğü için burada, demek ki kaldırma kuvveti cismin ağırlığından büyük değil. Ee şey, ağırlıkları aynı. Burada da eşit. O yüzden bence buna etkilenen kaldırma kuvveti daha büyük diyorum..." alıntlarıyla örneklendirilebilir.

Ö1'in, tek bir soru kapsamında ilişkilendirmelerinde tutarsızlık gösterdiği yanıtlar, yedinci soruya yönelik yanıtlardır. Buna göre yedinci soru için, "...Yine eşit hacimde batmış oluyor. Kaldırma kuvveti yine eşit olur...", "... Batanda daha çok uygulanır..." ve "... Daha çok batmış olmasına..." şeklindeki ifadeler hem ilgili kavramsal ilişkilendirmelerin hem de tutarsızlığın kanıtını oluşturmaktadır.

Ö3'ün soru içi tutarsızlık gösterdiği alıntılar ise sırasıyla beşinci soru için, "... O zaman N cisminin hacmi daha fazla olur..." ve "... O zaman N'ye uygulanan kaldırma kuvveti daha fazla olur. Yoğunluğu daha az olur K'ye göre...", altıncı soruda, "... Eşittir. İkisi de askıda, ikisi de eşit hacimli. Yoğunlukları da aynı olur sıvıyla iki cismin de..." ve yedinci soruda ise, "... Sıvıya temas eden hacmi değişiyor..." ile "... Yoğunluğu artıyor. Kaldırma kuvveti de artıyor..." şeklindedir.

Ö5'in, altıncı soruda "batan hacim" dışında "cismin hacmi"ne gönderme yaptığı alıntı, "... Bunlara da eşittir. Çünkü batan hacimleri eşit. Ve normalde de zaten eşit hacimli..." ifadelerinden oluşmaktadır.

Ö6'nın, beşinci ve altıncı sorularda sergilediği soru içi tutarsızlıklar ise sırasıyla, beşinci soru için; "... Burada kaldırma kuvveti... Eşit hacimliyse, hacimle doğru orantılı...", "... Ağırlıklarına bağlı..." ve "... Eşit hacimliyse, bu yüzdüğüne göre, bunun ağırlığı, bir dakika... Bunun yoğunluğu daha küçük olduğuna göre, bunun ağırlığı daha küçüktür. Dolayısıyla uygulanan kaldırma kuvveti daha azdır...", altıncı soru için; "... Çünkü sıvıyla yoğunlukları eşit ikisin de. İkisinin de yoğunluğunun eşit olması lazım ikisi de askıda kaldığı için. Hacimleri de eşit olduğuna göre ağırlıkları da eşittir. O yüzden kaldırma kuvvetleri de eşittir..." ifadeleriyle örneklendirilebilir.

Çalışmadaki görsel bağlamlar ve onlarla ilgili görüşme sürecinde kullanılan sorular (Şekil 1), öğrencilerin taşıdıkları sezgisel düşüncelerin ve bu sezgisel düşüncelerin arkasındaki yüzme g-ilkselinin tespitine de olanak vermiştir (Şekil 2).

**Tablo 3.** Yüzme G-İlkselinin Etkisi Altındaki Kodlar ve Frekansları

Öğrenciler/Kodlar	CH	CY	SY	K/A	YA	ÖÇ	CŞ	BH	BAT.	Toplam
Ö1	-	1	2	-	-	-	-	-	-	3
Ö2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Ö3	3	4	1	-	-	1	1	-	-	10
Ö4	1	1	1	2	-	-	-	-	1	6
Ö5	2	1	2	-	-	-	-	1	-	6
Ö6	3	2	1	2	-	-	-	-	-	8
Ö7	4	-	2	-	1	1	-	-	-	8
Ö8	5	2	1	-	-	-	-	-	-	8
Toplam	8	11	10	4	2	2	1	1	1	50

Öğrencilerin yüzme g-ilkselinin etkisi altında verdikleri yanıtlardaki kodlamaların frekansı ise, Tablo 3'te verilmiştir. Buna göre yüzme g-ilkselinin etkisiyle ifade edilen kavramların toplam frekansı 50 adettir. Yüzme g-ilkselinin etkisinde ifade edilen yüksek frekanslı kavramlar sırasıyla 19, 11, 10 tekrarlar, "cismin hacmi", "cismin yoğunluğu" ve "sıvının yoğunluğu" kavramlarıdır. Yüzme g-ilkselinin etkisindeki "kütle ve ağırlık" kavramının frekansı ise 4 tür. Ayrıca öğrencilerin tamamının yüzme g-ilkselinin etkisinde olduğu ve 10 tekrarlar Ö3'ün en fazla ve 2 tekrarlar Ö2'nin en az, yüzme g-ilkselinin etkisinde yanıtlar oluşturduğu belirlenmiştir (Tablo 3).

Aşağıdaki alıntılar Tablo 3'te yüzme g-ilkselinin etkisinde verilen yanıtlara ve ilintili kavramlara yönelik kanıt niteliğini taşımaktadır.

Buna göre **Ö1** için; "... Şey önce **suların yoğunluklarına** göre kaldırma kuvvetleri değişiyor. K cismi birinde tam ortada, yani suda dengelenmiş. Birinde ise **yüzüyor**. Birinde askıda kalmış. Birinde **yüzüyor**. Bunda **yüzende** kaldırma kuvveti daha fazladır..." alıntısı, yüzme g-ilkseli için açıklayıcıdır. Alıntıda da görüleceği gibi **Ö1** kaldırma kuvvetinin değişmesini sıvının yoğunluğuna bağlarken, bu düşünceyi yönlendiren düşüncenin yüzme olduğunu sergilenmektedir.

Yine **Ö1**, üçüncü soruya verdiği yanıtta da yüzme g-ilkselinin etkisi altındadır. Bu durum, aşağıdaki alıntıda: "... Birinin hacmi, ayy birinin **yoğunluğu** daha az ki **daha yüksekte**. O yüzden yine az önceki soruyla aynıydı aslında. Bir sıvılar farklıydı. Yine ikisi de... Şey M'ye yapılan yani K'ye yapılan kaldırma kuvveti daha fazladır ama yine K askıda kalmış, M **yüzüyor**...", "Araştırmacı: Peki neye bağlıyorsun K'ye uygulanan kaldırma kuvvetinin daha fazla oluşunu?", "K yani **daha aşağıda** M'ye göre. Ona daha fazla kaldırma kuvveti uygulanıyor ama **yoğunluğu** daha fazla oluşu için, yani yoğunlukla orantılı. ..." ifadeleriyle ortaya çıkmıştır.

**Ö2** ise, birinci soruda suyun kaldırma kuvvetinin değişeceğine yönelik yanıtını örtük olarak yüzme g-ilkselinin etkisinde kalarak vermiştir:

"Araştırmacı: ...Yani birinci durumdaki kaldırma kuvveti daha fazladır diyorsun. Peki bunu neye bağlıyorsun?...", "... Burada **batan hacim** daha fazla..." ve "... Kaldırma kuvveti daha fazla olur..." şeklindeki alıntılar cisimlerin şekil 1'deki pozisyonlarıyla ilişkilendirilirse; **Ö2**'de yüzmenin, suyun kaldırma kuvvetiyle ters orantılı olduğu yönünde bir algının olduğu görülecektir.

Katılımcılardan **Ö3**, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci ve yedinci sorularda; yüzme g-ilkselinin etkisi altındayken; **Ö4**, dördüncü ve yedinci sorularda; **Ö5**, ikinci, üçüncü ve dördüncü sorularda; **Ö6** dördüncü ve yedinci sorularda; **Ö7**, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci ve yedinci sorularda; **Ö8**, ikinci, üçüncü, dördüncü, beşinci ve yedinci sorularda yüzme g-ilkselinin etkisiyle yanıt vermişlerdir.

**Ö3**, üçüncü soruda şunu belirtmektedir:

"Araştırmacı: ...Yani bunun kaldırma kuvveti nasıldır, bununki nasıldır?", "Farklı olabilir. Çünkü **bunun hacmi** daha fazla olduğu için, aynı sızda olsa, **yüzerken fark** daha fazla kaldırma kuvveti...". Son soruda da durum şudur: "... Burada **yüzüyor**. Yüzdüğüne göre daha fazla kaldırma kuvveti var ...".

**Ö4**, son soruda örtük olarak yüzmenin etkisi altında olduğunu aşağıdaki sözcüklerle ifade ediyor: "Birinci şekilde daha fazladır.", "Araştırmacı: Neden?", "Eee şimdi şey, burada, nasıl desem. Cisim burada tam olarak yere batıyor. Ondan sonra, yere battığı için cismin ağırlığı zaten eşit. Cismin ağırlığının kaldırma kuvvetinden büyük olması gerekiyor ki, yoksa **kaldırma kuvvetinin etkisiyle yukarıya doğru çıkartır**. Tam dibe çöktüğü için burada, demek ki kaldırma kuvveti cismin ağırlığından büyük değil. Ee şey, ağırlıkları aynı. Burada da eşit. O yüzden bence buna etkiyen kaldırma kuvveti daha büyük diyorum.". **Ö4**, kaldırma kuvvetinin büyüklüğünün ve cismin batmasının, batan hacmin değişmesiyle ilgili olduğunu belirtmeden; cismin yukarı hareketinden bahsederek, yüzme g-ilkselinin etkisi altında olduğunu sergilemiş olmaktadır.

**Ö5**'in sıvının yoğunluğu ve cismin yoğunluğu yanıtlarını, yüzme g-ilkselinin etkisinde verdiği; özellikle ikinci ve dördüncü sorularda sıvının yoğunluğunun suyun kaldırma kuvvetiyle ilişkisini farklı anlamlandırdığı görülmektedir. Bu alıntılarda suyun kaldırma kuvvetindeki değişimin, sıvının yoğunluğuna bağlı olması; cisimlerin görsel pozisyonlarındaki değişimden kaynaklanmaktadır. Buna göre soru ikide; "... hangi **sıvının yoğunluğu** daha fazlaysa kaldırma kuvveti daha büyüktür..." ve soru dördte, " Daha yoğun bir sıvı eklenirse sıvının yoğunluğu artar. K cismine etki eden kaldırma **kuvveti azalabilir**..." ifadeleriyle **Ö5**'in örtük olarak yüzme g-ilkselinin etkisinde kaldığı belirtilebilir. Yine, **Ö5**'in üçüncü soruda cismin hacmi ve yoğunluğuna gönderme yapan açıklamaları da, yüzme g-ilkselinin etkisini vurgulamak bakımından önemlidir. Buna göre; " K cisminin yoğunluğu, sıvının yoğunluğuna eşittir. Ama **M cisminin hacmi daha büyük** olduğu için yoğunluğu daha küçüktür. Bu yüzden kaldırma kuvveti K'den daha küçüktür..." ifadesi, M cisminin yukarıdaki, yüzen pozisyonunun; öğrencinin M cisminin hacmine ve yoğunluğuna bağlı kalarak açıklama yapmasına ve dolayısıyla yüzme g-ilkselinin etkisine bir örnek oluşturmaktadır.

Ö6'nun yüzme g-ilkselinin etkisi altında olduğu, dördüncü sorudan yapılan alıntı incelendiğinde rahatlıkla görülecektir. Buna göre dördüncü sorudaki; "... Yine ağırlık eşittir kaldırma kuvveti olduğundan yine aynı olur.", "Araştırmacı: Neye bağlıyorsun?...", "**Yoğunluk değiştiği için...aslında kaldırma kuvveti artıyor. Yukarı çıkıyor. Kaldırma kuvveti artıyor...**", "... Daha yoğun bir sıvı ile karıştırıldığı için, tam ortasında, yani... ilk sıvının yoğunluğu ile eklenen sıvının yoğunluğu arasında olacak. Dolayısıyla yoğunluk artıyor." ve "... Cisim daha **yukarı çıkar.**" biçimindeki ifadeler; Ö6'nın sıvının yoğunluğunun değişmesine bağlı olarak cismin yukarı doğru hareketine odaklandığını; yanıtlarını yüzme g-ilkselinin etkisinde geliştirdiğini ve yüzme g-ilkselinin, verilen yanıtların anlık değişiminde ne kadar etkili olduğunu kanıtlar niteliktedir.

Aslında Ö6, soru 5'te de yüzme g-ilkselinin etkisi altındadır. Bu durum g-ilksellerin farklı bağlamlarda farklı naif düşünceleri desteklediğini dolayısıyla sistematik davrandığını doğrular niteliktedir. Buna örnek olarak, "... Eşit hacimliyse, bu **yüzdüğüne** göre, bunun ağırlığı, bir dakika... **Bunun yoğunluğu daha küçük olduğuna göre, bunun ağırlığı daha küçüktür. Dolayısıyla uygulanan kaldırma kuvveti daha azdır...**" alıntısı verilebilir.

Ö7, iki, üç, dört, beş ve yedinci sorularda yüzme g-ilkselinin etkisinde yanıt vermiş olup; ikinci, üçüncü ve dördüncü sorulardaki örnek alıntılar şöyledir: İkinci soru için; "... Aynı yoğunlukta değil." ve "... Tamam. Burada L'ye uygulanan kaldırma kuvveti daha fazladır diye düşünüyorum. Çünkü **daha fazla kaldırılmış.** Eee K, mmm, şuan, yüzüyor. O yüzden, batmamış da, ne deniliyordu?... Askıda, evet. Askıda kaldığı için, **L de yüzdüğü için daha fazla kaldırma kuvveti uygulandığını düşünüyorum...**", üçüncü soru için; "... M'nin hacmi daha büyük olduğu için sanırım daha fazla kaldırmış. O yüzden eee M'ye daha fazla yüzey alanı olduğu için M'de **daha çok kaldırdığını** düşünüyorum. Kaldırma kuvveti M'de daha fazladır..." ve dördüncü soru için ise; "Eee yoğunluğu daha fazla bir sıvı eklendiği için kaldırma kuvveti daha fazla olur. **Ve cisim yüzer...**" şeklindedir.

Ö8'in de iki, üç, dört, beş ve sekizinci sorularda yüzme g-ilkselinin etkisinde yanıtlarını verdiği gözlenmektedir. Özellikle ikinci soruda cisimlerin farklı olması ve bundan dolayı farklı hacme ve yoğunluğa sahip olmaları gibi bir akıl yürütmeye, kaldırma kuvvetinin farklılığı açıklanmaya çalışılıyor. Öğrenci örtük olarak, daha fazla yüzen cisme daha fazla kaldırma kuvveti uygulandığını belirtmektedir: Buna göre ikinci soru için; "Yoğunluk... Eee L cisminde kaldırma kuvveti K'den daha fazladır." ve "Çünkü L cismi ile K cismi eşit kütleli ama **hacimleri farklı.** L'nin hacminin daha büyük olduğunu düşünüyorum. Bu yüzden **yoğunluğu az** olur. Yoğunlukları da farklı sıvıların...", üçüncü soru için; "Eee kaldırma kuvvetleri aynıdır. Aynı sıvı, fakat eşit kütleli olmasına rağmen **hacimleri farklı, yoğunlukları da farklı** olur. Eee kaldırma kuvvetleri aynı olmaz aslında. K'ninki M'den küçüktür. Çünkü **M'nin hacmi daha büyük.** Yoğunluğu da daha az olur. Bu sefer suyun ona uyguladığı kaldırma kuvveti K'den büyüktür...", dördüncü soru için; "... Kaldırma kuvvetinin son durumu... kaptaki daha yoğun. K, kaldırma kuvveti artar..." ve "... Sıvıdan dökülen, dökülen sıvı, kaptaki sıvıdan büyük olduğu için K cismini daha da **yukarı iter.** Bunun **yoğunlukla alakası vardır...**", beşinci soru için; "... Kaldırma kuvveti batan hacimler eşittir. Bu yüzden N'ye uygulanan kaldırma kuvveti K'ya uygulanandan daha büyüktür. K ve N'nin batan hacimleri eşit. **N'nin bu yüzden hacmi daha büyük.** Bu yüzden sıvının N'ye uyguladığı kuvvet daha büyüktür..." ve yedincisoru için; "İlkinde kütle aynı olmasına rağmen **hacmi büyük.** İkincisinde kütle aynı olmasına rağmen ilk duruma göre **hacmi küçülmüş.** Bu yüzden birincisinin yoğunluğu daha azdır, ikincisinin yoğunluğu daha fazladır. Bire uygulanan kaldırma kuvveti daha büyüktür. İkincisi battığı için kaldırma kuvveti daha azdır..." şeklindeki ifadeler kanıt niteliğindedir. İkinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci sorulardaki alıntılar, bir g-ilkselinin Ö8 özelinde farklı bağlamlara genellenebileceğinin de kanıtı niteliğindedir.

Sıvıya daha yoğun bir sıvı eklenmesi bir cisme uygulanan kaldırma kuvvetinin değişmesine neden olur: Son yoğunluğa bağlı olarak cisme uygulanan kaldırma kuvveti artar.

Farklı yoğunluktaki sıvılarda eşit kütleli farklı cisimlere uygulanan kaldırma kuvveti cisimlerin hacmine bağlı olarak değişir.

Farklı yoğunluktaki sıvılarda eşit kütleli cisimlere uygulanan kaldırma kuvveti sıvının yoğunluğuna bağlıdır.

Aynı yoğunluktaki sıvılarda eşit kütleli farklı cisimlere uygulanan kaldırma kuvveti cisimlerin hacmine bağlıdır.

Aynı sıvıda eşit batan hacimli farklı cisimlere uygulanan kaldırma kuvveti cismin yoğunluğuna bağlıdır: Yoğunluğu daha az olan (yüzen) cisimde kaldırma kuvveti daha fazladır / azdır.



### Görüngübilimsel İlksel (G-ilksel): Yüzme



Eşit yoğunluktaki sıvılarda eşit kütleli farklı cisimlere uygulanan kaldırma kuvveti yüzen cisimde daha fazladır.

Farklı yoğunluktaki sıvılarda aynı cisimlere uygulanan kaldırma kuvveti cismin batan hacmiyle ilişkilidir.

Cisim özdeş / aynı olmak koşuluya batan cisme uygulanan kaldırma kuvveti daha büyüktür.

Yoğunluğu farklı sıvılarda dibe batmayan özdeş cisimlerde, sıvının yoğunluğuna bağlı olarak kaldırma kuvveti daha büyüktür.

Yoğunluğu özdeş sıvılarda dibe batmayan eşit kütleli cisimlerde, cismin yoğunluğunun artmasına bağlı olarak kaldırma kuvveti artar.

### **Şekil 2.** Öğrencilerin Yanıtlarında Tutarsızlığa Neden Olan Sezgisel Düşünceler ve Yüzme G-İlkseli

#### **Tartışma, Sonuç ve Öneriler**

Çalışmanın bulguları, hem kaldırma kuvveti-kütle ilişkisi açısından, hem de kaldırma kuvveti-batan hacim ilişkisi açısından değerlendirildiğinde; öğrencilerin büyük bir kısmının Tablo 1'de gösterilen tutarlı ilişkilendirmeleri gerçekleştiremediklerini ve yanıtlarında tutarsızlık gösterdiklerini belgeler niteliktedir (Tablo 2). Bu yöndeki bulgular, çalışmadaki nitel veriler kapsamında katılımcıların suyun kaldırma kuvveti kavramına yönelik bilgi yapılarının, diSessa (1993)'nin parçacıklı bilgi yapısı teorisi ile örtüştüğünü ima etmektedir.

Kaldırma kuvveti-kütle ilişkisini irdeleyen birinci soru setinde, çalışmaya katılan sekiz adet ortaokul sekizinci sınıf öğrencisinin tamamının yanıtlarında tutarsızlık gösterdiği görülmektedir (Tablo 2).

Kaldırma kuvveti-batan hacim ilişkisini irdeleyen ikinci soru setinde ise sekiz öğrenciden ikisinin (Ö2 ve Ö4) farklı sorulara verdikleri yanıtlarda tutarsızlığa rastlanılmıştır. Bunun dışında dört öğrencinin (Ö1, Ö3, Ö5 ve Ö6) ise bir soruyla ilgili görüşme sürecinde, o soruya ait yanıtlarında iç tutarsızlıklar sergilediği belirlenmiştir. Bu veriler de öğrencilerin yanıtlarında sorulara veya bağlama bağlı bir değişimin oluştuğunu ve öğrencilerin bilişsel yapısının diSessa (1994)'nin parçacıklı bilgi yapısı teorisiyle uyumlu davrandığını kanıtlar niteliktedir. Bulgularda soru içi tutarsızlık sergilenmesi, önemli olup; naif bilişsel yapının anlık iç tutarsızlıklar sergilemesi, alan yazınla uyumludur (diSessa, 1993, 2002; diSessa ve ark., 2004).



Öğrencilerin çoğunun (Ö7 ve Ö8 hariç), suyun kaldırma kuvvetine yönelik yanıtlarında tutarsızlık sergilemelerine neden olan 9 adet kavrama başvurdukları ve bu kavramların tekrar sıklığının ise 50 olduğu görülmektedir (Tablo 3). Öğrencilerin, tutarsızlığa neden olan bu yanıtlarını, ya eş zamanlı yada aynı soru içinde daha sonra yüzme kavramıyla ilişkilendirdikleri belirlenmiştir. Bu bulgu g-ilksellerin naif bir bilişsel yapıda yönlendirici olarak davrandığı ve yanıtların aniden değişmesine neden olduğu değerlendirilmesiyle uyumludur (diSessa, 1993; 2002; 2004). Buradan hareketle, yüzme olgusunun öğrencilerin bilişsel yapılarındaki statüsünün bir g-ilksel sorumluluğu üstlendiğini ve onların yanıtlarını yönlendirmede etkin bir rol oynadığını belirtmek olasıdır. Buna göre Ö1'e ait, "... Birinin hacmi, ayy birinin **yoğunluğu** daha az ki **daha yüksekte**. O yüzden yine az önceki soruyla aynıydı aslında. Bir sıvılar farklıydı. Yine ikisi de. ...Şey M'ye yapılan yani K'ye yapılan kaldırma kuvveti daha fazladır ama yine K askıda kalmış, M **yüzüyor**..." ve Ö3'e ait "Farklı olabilir. Çünkü **bunun hacmi** daha fazla olduğu için, aynı sıvıda olsa, **yüzerken** fark daha fazla kaldırma kuvveti..." şeklindeki alıntılar, yüzme olgusunun bilişsel statüsünün bir g-ilksel niteliğinde olduğunu özetlemektedir.

Özdemir ve Clark (2009) dört farklı öğrenim düzeyindeki öğrencilerin (okul öncesi, ilkokul, ortaokul ve lise), Ionnides ve Vasniadou (2002) tarafından tanımlanan kuvvet anlamlandırmalarında tutarsızlık gösterdiklerini belgelemişlerdir. Üstelik ilgili çalışmada öğrencilerin tutarsızlık durumları, hem Ionnides ve Vasniadou (2002)'nin hemde diSessa ve ark. (2004)'larının kodlama şemalarına göre karşılaştırılmış ve her kodlama şemasında da öğrencilerin kuvvet anlamlandırmaları boyunca tutarsızlık sergilediği tespit edilmiştir. Yine Özdemir'in (2007) sekiz adet ilkokul öğrencisiyle gerçekleştirdiği bir çalışmada öğrencilerin sadece ikisinin tutarlılık gösterdiği; fakat altı öğrencinin tüm soru setleri boyunca tutarsızlık sergilediği belirlenmiştir. Çalışmamızın bulgularından hareketle de, öğrencilerin farklı algı yaratan ve dolayısıyla bağlamsal çeşitliliğe olanak veren sorularda tutarsız yanıtlar verdiği belirlenmiştir. Bu durum tıpkı yukarıdaki çalışmalarda ele alınan kuvvet kavramında olduğu gibi, çalışmamızdaki öğrencilerin, suyun kaldırma kuvvetine yönelik kavramsal yapılandırmalarının da parçalı ve çevresel bağlamdan algısal olarak etkilenir olduğunu göstermektedir.

Alan yazındaki birçok çalışma da parçacıklı bilgi yapısı teorisini destekler niteliktedir (Abrams ve Southerland, 2001). Örneğin ağırlık ve serbest düşme (Sherin, 2001) ısı enerjisi ve termal denge (Clark, 2006), biyolojik adaptasyon ve göç davranışı (Shoutherland ve ark., 2001), kuvvet (diSessa ve ark., 2004), hava basıncı (Turcotte, 2012) olgularına yönelik çalışmalarda öğrencilerin bağlamsal tutarsızlık sergiledikleri ortaya konulmuştur.

Çalışmanın bulguları, Ueno (1993) ve diSessa (1993) tarafından tespit edilen statik fiziksel evren algısıyla da uyumluluk göstermektedir. Bu algıya göre hareketsizlik her hangi bir açıklama gerektirmeyen durumken; hareket açıklama gerektiren ve bir kuvvetin varlığına veya kuvvetin niceliğinin değiştiğine işaretler. Çalışmamızda şekilde 1'de sergilenen ilk altı soruda ve özellikle dördüncü sorudaki algı, cismin daha aşağı konumdaki ilk pozisyonundan ikinci pozisyonuna hareketini sağlayan bir kuvvetin var olduğu algısıdır. Bu durum daha öncesinde diSessa (1993) tarafından *hareket ettirici kuvvet* (*force as a mover*) g-ilkseli olarak tanımlanmıştır. Bu çalışmadan sağlanan nitel bulgular, yüzme g-ilkselinin *hareket ettirici kuvvet g-ilkseliyle* bağlantılı olabileceği önermesini destekler niteliktedir. Yüzme g-ilkseliyle bağlantılı olan naif düşünceler şekil 2'de verilmiştir. Öğrencilerin standardize edilmiş bu naif düşünceleri genellikle, "... Burada yüzüyor. Yüzdüğüne göre daha fazla kaldırma kuvveti var..." şeklindeki önermesel ortaklığa sahiplerdir. Bu ortak önerme yapısı aslında, yüzme g-ilkselinin, *suyun yüzdüren kaldırma kuvveti* önermesinin sinonimi olduğunu göstermektedir. *Suyun yüzdüren kaldırma kuvveti* önermesi, yüzme g-ilkselinin *hareket ettirici kuvvet g-ilkseliyle* ilişkisini daha da netleştirmektedir. Yüzme g-ilkselinin, *hareket ettirici kuvvet g-ilkseliyle; hareket ettirici kuvvet g-ilkselinin*, (yani *kuvvet varsa hareket vardır ve ne kadar kuvvet varsa o kadar hareket vardır*) ne kadar ağır ya da ne kadar hafifse o kadar hızlı g-ilkselleriyle ilişkisi, benzer bağlamların benzer g-ilkselleri harekete geçireceğinin ve g-ilksellerin, öncelik sonralık ilişkisi içinde yeni g-ilksellerin ortaya çıkmasına neden olabileceğini göstermektedir (diSessa, 1993, 2002).

Tablo 2'deki kodlamalar incelediğinde öğrencilerden özellikle Ö3, Ö7 ve Ö8'in öncü sözel ifadeler eşliğinde ya da sonrasında yüzme g-ilkselini beş adet soruda genelleştirdiği görülmektedir. Ö7 ve Ö8 birinci soruda kullandığı doğru bilgiyi (suyun kaldırma kuvveti ve kütle ilişkisini) diğer sorularda kullanamamış; ancak yüzme g-ilkselinin etkisi altında tutarsız yanıtlar vermiş ve böylece yüzme g-ilkselini aynı fiziksel olguyla (suyun kaldırma kuvveti) ilgili farklı beş adet soruda/bağlamda (S2, S3, S4, S5 ve S7) genellemiştir. Öğrencilerin hemen hepsinin yanıtlarında beliren ve Ö7 ve Ö8'de örneklendirdiğimiz bu durum, *g-ilksellerin* farklı bağlamlara genellenebildiğini doğrulamaktadır (Turcotte, 2012; diSessa, 1993). Formel bir öğrenme süreci sonrasında, öğrenilen bilimsel kavramların aynı ya da benzer olguyla ilgili farklı bağlamlara genellenebilmesi beklenirken; yüzme g-ilkselinin etkisiyle, her farklı bağlamda farklı yanıtların ortaya çıkması da, diSessa (1993)'nin parçacıklı bilgi yapısı teorisini destekler niteliktedir.

Fen öğretimine yönelik bir çok çalışma dahilinde, Demastes, Good ve Peebles (1996)'ın evrim teorisine yönelik çalışmaları da öğrencilerin düşünce yapılarının parçacıklı ve çoklu yapılandırmalar olduğuna yönelik bulgular sunmuştur. Bunun yanı sıra Tytler (1998), Sherin (2001) Southerland ve ark. (2001), Palmer (2001), Louca ve ark. (2004) ile Clark (2006) gibi yazarların yaptığı çalışmalar da öğrencilerin naif düşünce yapılarının parçacıklı, bağlam duyarlı, karmaşık ve tabakalı olduğuna vurgu yapmaktadır. İlgili çalışmalar, öğrencilerin bağlam değiştikçe yanıtlarını aniden değiştirdiklerini ve teori benzeri bilgi yapısı teorilerinin açıklayamadığı bu durumu; parçacıklı bilgi yapısı teorisinin ve *g-ilksellerin* tatmin edici bir biçimde açıklayabildiğini belirtmektedirler. Tytler (1998) çalışmasında, öğrencilerin yeni bir olgu üzerinde, örneğin hava basıncıyla ilgili açıklamaları ve düşünceleri üzerinde, madde ve havaya yönelik olgusal deneyimlerinin etkisinin büyük olduğunu ifade ederken; yeni bir olguyla ya da bağlamla ilgili açıklamalarda, epistemolojik geçmişin ve fiziksel evreni algılama biçiminin etkili olduğuna göndermede bulunmaktadır. Bu yorum yukarıda değinilen, diSessa (1993) ve Ueno (1993)'nin *statik evren algısı* veya *g-ilksel* yorumuyla uyum içindedir. Çalışmamızda ortaya çıkan yüzme g-ilkselinin farklı açıklamaları yönlendirmesi de ilgili yorumlarla paralellik arz etmektedir (Tablo 3). Aynı zamanda şekil 2'de verilen ve yüzme g-ilkselinin etrafında beliren 10 adet naif düşünce de Tytler (1998) ile uyumlu bir yoruma neden olmaktadır.

Kavramsal değişimle ilgili farklı teoriler de aslında, değişimin ani ve devrimsel değil, sürece bağlı ve evrimsel olduğunu ima ederek; öğrencilerin bilişsel yapısının katı bir yapı olmaktan çok esnek, yarı-bağımsız alt kategorik kavramsal ve kavram altı bileşenlerden oluştuğuna gönderme yapmaktadırlar (Posner ve ark., 1982; Vosniadou, 1994; Vosniadou ve Ioannides, 1998; Vosniadou ve Ioannides, 2001). Özellikle Posner ve ark.(1982)'larının kavramsal ekoloji teorisi incelendiğinde de; teorinin aslında parçacıklı bilgi yapısı teorisini desteklemekte olduğu sonucuna ulaşılabilir. Posner ve ark. (1982)'ları, katılımcıların uyum (akomodasyonu) sürecini çok zor gerçekleştirmekte olduğunu ve daha çok yeni bilginin eski bilgiler içinde özümsemesinin (asimilasyon) gerçekleştiğini vurgulamaktadırlar. Bunun nedeni ise uyum sürecinin koşullarının yerine getirilmesindeki zorluğa dayandırılmaktadır. Posner ve ark. (1982)'larından ve çalışmamızın bulgularından hareketle, kavramsal değişimin sadece çelişkili bir kaç olgusal durumla karşılaşarak aniden ya da devrimsel bir biçimde gerçekleşmeyeceği sonucu çıkarılabilir. Bu yöndeki yaklaşımlar, bu çalışmanın bulgularının da ima ettiği; istendik kavramsal değişimin farklı bağlamları ve bağlam çeşitliliğini dikkate alarak gerçekleşebileceği olgusunu desteklemektedir.

Bir diğer bakış açısıyla, Ueno (1993) da, *g-ilkseli* kabul ederken; *g-ilksellerin* doğası gereği sadece bireysel bilişsel yapıyla ilgili olmayıp; aynı zamanda sosyal olarak paylaşılan düşünce yapıları olduğunu iddia etmektedir. Bu bağlamda Ueno, tek bir örnekten hareketle, gerçekleştirilen deneysel etkinliklerin kavramsal değişime neden olamayacağını belirtmektedir. Bundan dolayı yalnızca akıl yürütme, bir ya da daha fazla önermeyi standart metinlerden hareketle doğrulama ya da yanlışlama çalışmalarıyla; kavramsal değişimin gerçekleştirilemeyeceği yönündeki yaklaşımların doğruluğu ağırlık kazanmaktadır. Çünkü Ueno'ya göre, öğrenciler yalnızca böylesi bir deneyimle, örneğin Newton Fiziğinin büyük bağlamsal yapısını anlayamazlar. Bunun sağlanabilmesi için bağlamsal çeşitliliğin olabildiğince artırılması zorunludur. İşte bu çalışmanın her farklı bağlamında öğrencilerin farklı yanıtlar vermesi ve bu yanıtların bir *g-ilksel* kontrolünde gelişmesi Ueno'nun yaklaşımıyla uyumludur.

Bu çalışmaya Lawson'cu bir değerlendirmeyle yaklaşıldığında ise, suyun kaldırma kuvveti kavramının teorik bir kavram olduğu görülecektir (Lawson, Alkhoury, Benford, Clark ve Falconer, 2000). Lawson ve ark. (2000)'larının epistemik statüleri bakımından teorik kavramlar olarak tanımladığı; gen, ekoloji, atom, kuvvet, evrim ve doğal seçim gibi kapsamlı ve karmaşık fen kavramları, dolaylı gözlemler (non-demonstrative) aracılığı ile oluşturulmakta ve diğer bir çok kavramsal yapıyla etkileşim içine girmektedirler. diSessa (1993) da fen bilimleri ile ilgili birçok kavramın basit, izole ve saltık özellikte olmadığını vurgulamakta ve bu türden kavramları koordinasyon sınıfları olarak tanımlamaktadır (diSessa ve Sherin, 1998; diSessa, 2002). Öğrencilerin suyun kaldırma kuvvetine yönelik farklı bağlamlardaki sorulara tutarsız yanıt vermeleri, ilgili kavramın yukarıda tanımlanan niteliklerle uyumundan kaynaklanıyor olabilir. Dolayısıyla teorik kavramların, informel ortamlarda gerçekleşen öğrenme deneyimleri sırasında, öncelikle naif düşünceler olarak yapılandırılması ve farklı deneyimlerden veya bağlamlardan birçok unsur ile ilişkilendirilmesi doğaldır. İşte diSessa'nın *g-ilksel* olarak değerlendirdiği bu unsurlar, farklı deneysel etkinlikler sırasında devreye girmekte ve öğrenci yanıtlarının tutarsız olmasına neden olmaktadır. Katılımcı öğrenciler, teorik nitelikteki suyun kaldırma kuvvetine yönelik informel ve formel olabilecek kavramsallaştırma süreçlerinde yüzme olgusuyla ilişkilendirme yapmışlardır. Bu durum, yüzmenin bir *g-ilksel* olarak yapılandırılmasına ve yüzme *g-ilkseli* ile ilişkilendirilen naif düşüncelerin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Şekil 2).

Sonuç olarak bu türden teorik kavramların ve ilişkili oldukları *g-ilksellerin* ortaya çıkarılması, eğitim uygulamaları bakımından oldukça önemlidir. Çünkü bu çalışmalar sırasında kullanılan deneysel etkinlik örneklerinin *g-ilksellerin* ortaya çıkarılmasında etkin bir şekilde çalışması, bu örneklerin öğretme-öğrenme süreçlerinde bilimsel kavramların oluşturulmasında da etkin bir materyal olarak kullanılabilmesini göstermektedir. Böylece *g-ilksel* teşhisi aşamasında kullandığımız etkinlik örnekleri, bağlamsal çeşitlilik sağlayarak bir tür bilişsel sağaltma görevi de üstlenebilir nitelik kazanacaktır. Bu nitel araştırmanın bulguları, katılımcılarıyla sınırlı olsa da; özellikle ülkemizdeki alan eğitimcilerinin kavramsal değişim teorilerine yönelik çalışmalarını tetiklemesi beklenmektedir. Aynı zamanda bu yöndeki çalışmaların artması, fen öğretim programlarının geliştirilmesinde ve içeriğinin bağlamsal zenginlik kazanmasında önemli katkılar sunacaktır.

### Kaynakça

- Abrams, E., & Southerland, S. (2001). The how's and why's of biological change: how learners neglect physical mechanisms in their search for meaning, *International Journal of Science Education*, 23, 1271-1281.
- Becker, N., & Towns, M. (2012). Students' understanding of mathematical expressions in physical chemistry contexts: An analysis using Sherin's symbolic forms. *Chemistry Education Research and Practice*, 13, 209-220.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood*. Cambridge, Mass: MIT Press.
- Carey, S. (1986). Cognitive science and science education. *American Psychologist*, 1, 1123-1130.
- Carey, S. (1991). Knowledge acquisition-enrichment or conceptual change? In S. Carey, & R. Gelman (Eds.), *The epigenesis of mind: Essays on biology and cognition* (pp. 257-292). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chi, M. T. H. (1988). Children's lack of access and knowledge reorganization: An example from the concept of animism. In F. Weinert, & M. Perlmutter (Eds.), *Memory development: Universal changes and individual differences* (pp. 169-194). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Chi, M. T. H., De Leeuw, N., Chiu, M. H., & Lavacher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439-477.
- Chi, M. T. H., & Roscoe, R. D. (2002). The processes and challenges of conceptual change. In M. Limon & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 3-27). New York: Kluwer Academic Publishers.
- Clark, D. B. (2006). Longitudinal conceptual change in students' understanding of thermal equilibrium: An examination of the process of conceptual restructuring. *Cognition and Instruction*, 24, 467-563.
- Creswell, J. W. (1998). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Thousand Oaks, California: Sage Publications.
- Demastes, S. S. Good, R. G., & Peebles, P. (1996). Patterns of conceptual change in evolution. *Journal of research in science teaching*, 33, 407-431.
- diSessa, A. A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and Instruction*, 10, 105-225.
- diSessa, A. A., & Minstrell, J. (1998). Cultivating conceptual change with benchmark lessons. In Greeno, J. G. & Goldman, S. V. (Eds.), *Thinking practice and mathematics and science learning* (pp. 155-187). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- diSessa, A. A. (2002). Why "conceptual ecology" is good idea. In M. Limon & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 29-60). New York: Kluwer Academic Publishers.
- diSessa, A. A., Gillespie, N. M., & Esterly, J. B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28, 843-900.
- Glynn, S. M., & Duit, R. (1995). Learning science meaningfully: Constructing conceptual models. In S.M. Glynn, & R. Duit (Eds.), *Learning science in the schools: Research reforming practice* (pp 3-33). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Greca, I.M., & Moreira, M. A. (2000). Mental Models, Conceptual Models, and Modelling. *International Journal of Science*, 22, 1-11
- Greenbowe, T.J., & Meltzer, D. E. (2003). Student learning of thermochemical concepts in the context of solution calorimetry. *International Journal of Science Education*, 25, 779-800.
- Hadfield, L. C., & Weiman, C. H. (2010) Student interpretations of equations related to the first law of thermodynamics. *Journal of Chemical Education*, 87, 750-755.
- Harrison, A. G., Grayson, D. J., & Treagust, D. F. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 55-87.

- Hatano, G., & Inagaki, K. (1994). Young children 's naive theory of biology. *Cognition*, 50, 171-188.
- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (1991). *The development of the concept of force in Greek children*. Paper presented at the biennial meeting of the European Society for Research on Learning and Instruction, Turku, Finland.
- Ioannides, C., & Vosniadou, S. (2002). The changing meanings of force. *Cognitive Science Quarterly*, 2, 5-61.
- Jasien P. G., & Oberem G. E. (2002). Understanding of elementary concepts in heat and temperature among college students and K-12 teachers. *Journal of Chemical Education*, 79, 889-895.
- Keil, F.C. (1992). The origins of an autonomous biology. In M.R. Gunnar & M. Maratsos (Eds.), *Modularity and Constraints in language and cognition; The Minnesota Symposia on Child Psychology* (vol. 25, pp. 103-137). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Klein, P. D., (2006). The Challenges of scientific literacy: From the viewpoint of second-generation cognitive science, *International Journal of Science Education*, 28, 143-178.
- Kuhn, T. S. (1970). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont: Wadsworth Publishing Company.
- Lawson, A. E. (2003a). *The Neurological basis of learning, development and discovery implications for science and mathematics instruction*. New York: Kluwer Academic Publishers
- Lawson, A. E. (2003b) The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching, *International Journal of Science Education*, 25, 1387-1408.
- Lawson, A. E. (2003c). *The neurological basis of learning, development and discovery: implications for science and mathematics instruction*. Dordrecht: Kluwer.
- Libarkin, J.C., Kurdziel, J., & Beilfuss, M., 2003, Research methodologies in science education: Mental models and cognition in education. *Journal of Geoscience Education*, 51, 121-126.
- Limón, M., & Mason, L. (2002). *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Louca, L., Elby, A., Hammer, D., & Kagey, T. (2004). Epistemological resources: Applying a new epistemological framework to science instruction, *Educational Psychologist*, 39, 57-68.
- Mayer, R. E. (2000). Conceptual change. In A. E. Kazdin (Ed.), *Encyclopedia of psychology* (Vol. 2, pp. 253-255). Washington, DC: American Psychological Association.
- Nersessian, N. J. (1989). Conceptual change in science and in science education, *Synthese*, 80, 163-183.
- Özdemir, G. (2007). Öğrencilerin kuvvet kavramına ilişkin bilgi yapılarının bir analizi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8, 37-54.
- Özdemir, G., & Clark D. B. (2007). An overview of conceptual change theories. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3, 351-361.
- Özdemir, G., & Clark D. B. (2009). Knowledge structure coherence in Turkish students' understanding of force. *Journal Of Research In Science Teaching*, 46, 570-596.
- Palmer, D. H. (2001). Investigating the Relationship Between Students' Multiple Conceptions of Action and Reaction in Cases of Static Equilibrium. *Research in Science & Technological Education*, 19, 193-204.
- Pintrich, P. R. (1999). Motivational beliefs as resources for and constraints on conceptual change. In W. Schnotz, S. Vosniadou, & M. Carretero (Eds.), *New perspectives on conceptual change* (pp. 33-50). Amsterdam: Pergamon.
- Pintrich, P. R., Marx, R. W., & Boyle, R. B. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167-199.

- Posner, G. J., Strike. K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Sci. Educ.*,66,211-227.
- Shepardson, D. P., Wee, B. Priddy, M., & Harbor, J. (2007). Students' mental models of the environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 327-348.
- Sherin, B. (1996). *The symbolic basis of physical intuition: A study of two symbol systems in physics instruction. Unpublished dissertation*, University of California, Berkeley.
- Sherin, B. (2000). How students invent representations of motion: A genetic account. *The Journal of Mathematical Behaviour*, 19, 399-441.
- Sherin, B. (2001). How students understand physics equations. *Cognition and Instruction*, 19, 479-541.
- Sherin, B. (2006). Common sense clarified: The role of intuitive knowledge in physics problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 535-555.
- Smith, J. P., diSessa, A. A., & Roschelle, J. (1993). Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *The Journal of Learning Sciences*, 3,115-163.
- Southerland, S. A., Abrams, E., Cummins, C. L., & Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena: Conceptual frameworks or p-prims? *Science Education*, 85, 328-348.
- Turcotte, S. (2012). Computer-supported collaborative inquiry on buoyancy: A discourse analysis supporting the "pieces" position on conceptual change. *Journal of Science Education and Technology*, 21, 808-825.
- Tytler, R. (1998). Children's conceptions of air pressure: Exploring the nature of conceptual change. *International Journal of Science Education*, 20, 929-958.
- Ueno, N. (1993). Reconsidering p-prims theory from the viewpoint of situated cognition. *Cognition and Instruction*, 10, 239-248.
- Vosniadou, S. (1991). Designing curricula for conceptual restructuring: Lessons from the study of knowledge acquisition in astronomy. *Journal of Curriculum Studies*, 23,219-237.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4, 45 - 70.
- Vosniadou, S. (1996). Towards a revised cognitive psychology for new advances in learning and instruction. *Learning and Instruction*,6,95-109.
- Vosniadou, S. (2002). On the nature of naive physics. In M. Limon & L. Mason (Eds.), *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice* (pp. 61 - 76). New York: Kluwer Academic Publishers.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992a). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992b) Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Educational Research*, 57, 51-67.
- Vosniadou, S., & Matthews, D. B. (1992). *Elementary school children's comprehension of science text*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco.
- Vosniadou, S., & Kempner, L. (1993). *Mental models of heat*. Paper presented at the biennial meeting of the Society for Research in Child Development, New Orleans.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *CognitiveScience*, 18, 123-183.
- Vosniadou, S., & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A psychological point of view, *International Journal of Science Education*, 20, 1213-1230.

- Vosniadou, S., Ioannides, C., Dimitrakopoulou, A., & Papademetriou, F. (2001). Designing learning environments to promote conceptual change in science. *Learning and Instruction, 11*, 381-419.
- Vosniadou, S., Baltas, A., & Vamvakoussi, X. (2007). *Re-framing the conceptual change approach in learning and instruction*. Amsterdam: Elsevier.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayınları.