



Türbülans Etkinliği ile Kaos Öğretimi: Doğada Konaklamalı Kamp Uygulaması **

Çiğdem YENİALACA* ve Zeynep GÜREL

Marmara Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, İstanbul

Alındı: 14.10.2013 – Düzeltildi: 24.11.2013 - Kabul Edildi: 02.12.2013

Özet

Bu araştırma; fizik öğretmen adaylarına kaos teorisinin önemli özelliklerinden biri olan "başlangıç şartlarına hassas bağlılık" kavramının öğretimini; türbülans etkinliği ile konaklamalı kampı da içeren sınıf içi ve sınıf dışı etkinliklerle zenginleştirilmiş etkileşimli öğrenme ortamlarında gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Araştırmanın çalışma grubunu, 2012-2013 eğitim-öğretim yılında Marmara Üniversitesi Fizik Eğitimi Anabilim Dalından "Doğada Fizik: Gezi ve Kamp Uygulamaları" dersine katılan dört gönüllü öğretmen adayı oluşturmaktadır. Araştırma, keşfedici nitel bir araştırma olup; veriler konaklamalı kampta yapılan açık uçlu sorulardan oluşan anket ile dere gözlemi video kayıtları ve kamp sonrası yapılan görüşmelerden elde edilmiştir. Araştırmanın bulgularına göre, ön testte öğrenciler kaosu, genel olarak sadece "karmaşa, düzensizlik" kavramlarını kullanarak tanımlamışlardır. Derste ve kampta yapılan türbülans etkinlikleri ile birlikte kaosu tanımlamak için "başlangıç şartlarına hassas bağlılık" kavramını da kullanmaya başlamışlardır. Araştırmanın sonuçlarına bakarak, türbülans etkinliğinin öğrencilerin kaosun "başlangıç şartlarına hassas bağlılık" özelliğini anlamada ve kaos kavramını öğrenmede faydalı olduğu düşünülmüştür.

Anahtar Kelimeler; Açık Alan Eğitimi, Türbülans, Kaos

Giriş

Bir kuram olmasının yanında yepyeni bir paradigmanın öncüsü konumundaki kaos teorisi ile ilgili her şey ilk olarak 19 yy. sonlarında Jules Henri Poincaré'nin çalışmaları ile başlamıştır. Fransız fizikçi ve matematikçi Henri Poincaré, ikiden fazla gök cisimi barındıran

* Sorumlu Yazar: E-mail: yenialacacigdem@gmail.com

** Bu çalışma 12-14 Eylül 2013 tarihleri arasında düzenlenen I. Ulusal Fizik Eğitim Kongresi'nde sunulmuştur.

yörüngelerin ciddi problemler türetebileceklerini göstermiştir. Astronomide "üç cisim problemi" (three body problem) olarak bilinen, Güneş Sisteminin kararlı olup olmadığının bulunmaya çalışıldığı problem için Henri Poincaré; Güneş Sisteminin çözümünün başlangıç koşullarına hassas bağımlı olduğunu ve haliyle evrenin başlangıç koşullarını bilemeyeceğimizden güneş sisteminin de kararlı olup olmadığının asla öngörülemediğini ispatlamış ve teknik anlamda ilk kez "kaos" terimini kullanmıştır. Her ne kadar kaos teorisinin sahibi olarak J. Henri Poincaré kabul edilse de bu teoriye en önemli katkısı 1960 yılında M.I.T. meteoroloji profesörü olan Edward Lorenz yapmıştır. Lorenz, meteoroloji çalışmaları esnasında hava tahminlerinde, keşfettiği bulutların hareketini "aperiyodiklik" ve "başlangıç durumuna hassas bağımlılık" kavramları ile tanımlamış; hava tahminlerinin bu kavramlara bağlı olarak nasıl yapılacağı ile ilgili matematiksel hesaplamalar yapmış; 1960'lı yıllarda kaos teorisini oluşturmaya ve geliştirmeye yardımcı olan "Kelebek Etkisi" kavramını, "bir sistemin başlangıç verilerindeki küçük değişikliklerin büyük ve öngörülemez sonuçlar doğurabilmesi" şeklinde açıklaması ile kaos teorisini bilime kazandırmıştır.

Kaos, Türk Dil Kurumu sözlüğünde sözcük anlamı olarak "evrenin düzene girmeden önceki biçimden yoksun, uyumsuz ve karışık durumu" ve "kargaşa" kavramlarına karşılık gelmektedir (TDK sözlük). Bilimsel manada kaos ise daha çok "Düzensizliğin içindeki düzen" (order of disorder) olarak tanımlanmıştır. Yılmaz ve Güler (2006) ise kaosu; "Deterministik bir sistemin düzensiz yani hiç beklenmedik bir şekilde davranabilmesi" şeklinde tanımlamışlardır. Karaçay (2004) da, davranışı önceden öngörülemeyen (unpredictable) dinamik sistemleri ya da onların davranışlarını kaos olarak nitelemiştir. Görüldüğü gibi bilim dünyasının kullandığı kaos terimi ile gündelik dildeki kaos (karmaşa, kargaşa) terimi anlam bakımından birbirinden çok farklıdır. Bilimsel anlamdaki kaosu daha iyi anlamak için, doğrusal olmayan (nonlinear) dinamik sistemleri incelemek gerekir. Karaçay (2004) doğrusal olmayan dinamik sistemlerin çoğu için, tahmin (prediction) yapmaya engel olan üç neden olduğunu belirtmiştir:

1. Sistemin analitik çözümü yoktur.
2. Herhangi bir başlangıç koşulunu kesinlikle belirleyemeyiz (Ölçmede Belirsizlik İlkesi).
3. Başlangıç koşullarında meydana gelen çok küçük değişim sonuçta çok büyük farklara neden olabilir (Başlangıç koşullarına hassas bağımlılık–Kelebek etkisi).

Prigogine ve Stengers (1985), kaos teorisinin; insanoğlunun doğayla kuracağı yeni bir diyalog olduğunu öne sürmüştür. Doğayla kuracağımız bu yeni diyalog Sardar ve Abrams (2008) tarafından Kaos Teorisinin sadelik ile karmaşıklık ve düzen ile rastlantısallık arasındaki gizli ilişkileri ortaya çıkardığı; hem determinist ve temel fizik kurallarına bağlı hem de düzensiz, karmaşık ve tahmin edilemez bir evreni temsil ettiği; algımızın ve geleceği tahmin etme gücümüzün bütün karmaşıklığıyla doğal sınırlara tâbi olduğunu gösterdiği için ilginç bulunmuştur (Akt. Guliyeva, 2010).

Duit ve Komorek (1997), kaos teorisinin bilim ve çeşitli alanlar dışında fen eğitiminde de dikkat çekmeye başladığını dile getirmişlerdir. Duit ve Komorek (1997) 10. sınıf

Türbülans Etkinliği ile Kaos Öğretimi: Doğada Konaklamalı Kamp Uygulaması

öğrencilerine (15-16 yaş arasındaki öğrenciler) kaosu, basit bir sarkaç ve manyetik sarkaç deneyleri ile anlatmışlardır. Bu çalışmada araştırmacılar öğrencilerden iki farklı manyetik sarkaç hareketi arasındaki benzerlikleri ve farklılıkları gözlemlenmelerini istemiş ve farklılıkların neden olduğunu anlamaya yönelik grup çalışmaları yaptırmış ve sonuç olarak öğrencilerin kaos teorisinin temel fikirlerini anlamada başarılı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Böylelikle öğrencilerin deterministik kurullarla işleyişe rağmen kaotik bir durum oluşturan manyetik sarkacın davranışlarının bir göstergesi olan “tahmin edilemezlik” kavramının öğrenciler tarafından anlaşıldığı bu araştırmanın sonuçlarıyla ortaya konmuştur.

Stavrou, Duit ve Komorek (2008) yaptıkları başka bir çalışmada ise, öğrencilerin rastlantı ve determinizm arasında bir etkileşim/bağlantı (interplay) olup olmadığını anlamaları üzerine yoğunlaşmışlardır. Manyetik sarkaç ve basit sarkaç düzenekleri ile öğrencilerin kaos öğrenmelerine yardımcı bir çalışma ortaya koymuşlardır. Bu sarkaç düzenekleri yardımıyla; manyetik sarkaçtaki düzensiz hareketlerin (aperiyodik olma durumu/rastlantı durumu) nadir de olsa tekrarlandığına dair gözlemleri ile basit sarkaç deneyinde sürekli ve düzenli harekete dair gözlemlerinin; öğrencilerin rastlantı ve determinizmi anlamalarına yardımcı olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Son zamanlarda bilim dünyasında kaos ile ilgili bilimsel çalışmaların artması ve en önemlisi de Prigogine ve Stengers (1985) belirttiği üzere kaosun insanın doğayla kuracağı yeni bir diyalog olarak yorumlanması; bir doğa bilimi olan fizik eğitiminde de bu konunun ele alınmasına sebep olmuştur. Ayrıca Bülbül (2013), kaosun fizik bağlamında incelenebilecek boyutlarının bir öğrenme alanı olarak öğretim programlarında yer almamasının bir eksiklik olduğuna dikkat çekmeye çalışmıştır. Dolayısıyla henüz öğretim programlarına girmemiş yeni bir öğrenme alanı olan kaos teorisinin öğretimi üzerine etkileşimli bir öğrenme ortamı sunan konaklamalı kampta gerçekleştirilecek türbülans etkinliği hazırlanmış, ve bu etkinliğin kaos teorisine ilgi duyan öğretmen ve öğretmen adaylarına yol gösterici olması amaçlanmıştır. Bu araştırmanın amaçlarından bir diğeri ise; alternatif bir öğrenme ortamı olan “Doğada Fizik: Gezi ve Kamp Uygulamaları” dersi çerçevesinde her sene gidilen kamp ortamının özellikleri hakkında bilgi vermektir.

2011-2012 eğitim-öğretim yılında “Doğada Fizik: Gezi ve Kamp Uygulamaları” dersi kapsamında Marmara Üniversitesi 5. sınıf fizik öğretmen adaylarının katılımıyla düzenlenen kampta, doğa gözlemleri yapılmıştır. Kamptan sonra, katılımcıların grupla birlikte ve bireysel olarak gerçekleştirdikleri gözlemler sınıfta sunumlar yapılarak aktarılmıştır.

2011-2012 eğitim-öğretim yılında yapılan bu sunumlar arasında dere akışı gözlemi ile ilgili yapılan sunumun diğer yapılan sunumlara göre yüzeysel kaldığı fark edilmiştir. Bunun üzerine, öğrencilerin dere akışı gözlemi ile ilgili neden bir problem oluşturup ayrıntılı inceleyemedikleri düşünülmüş; 2012-2013 eğitim-öğretim yılında yapılacak doğa kampındaki gözlemler arasına ayrıntılı incelenmek üzerine dere akışı gözlemi ile birlikte “türbülans etkinliği” de ilave edilerek akışkanlar konusu tekrar gözden geçirilmiş; akışkanlar konusu ile bağlantısı olan kaos teorisinin öğretimi üzerine araştırma yapılmıştır.

Yöntem

Araştırmanın Arka Planı

2006 yılından beri Marmara Üniversitesi "Doğada Fizik: Gezi ve Kamp Uygulamaları" dersi kapsamında, sivil savunma ekibi ve sağlık personeli desteği ile fizik öğretmen adayları ve araştırmacılar tarafından etkileşimli, doğada konaklamalı kamplar yapılmaktadır. Kamplarda açık alanda gerçekleştirilen fizik eğitiminin, fizik eğitim-öğretim ortamları için alternatif bir ortam oluşturduğu düşünülmektedir. Kamplara gitmeden önce deneyimli araştırmacılar ve sivil savunma ekibi tarafından; fizik öğretmen adaylarına bir kamp alanında yaşamının getirdiği sorumlulukları paylaşmayı öğretilmekte ve dönem içerisinde varsa doğada konaklamalı kamplar hakkında bilgi vermek için düzenlenmiş sunumlar, seminerler hakkında duyurular yapılmaktadır. Kamplar öğretmen adaylarına otantik öğrenme imkânı veren işbirlikli öğrenme ortamı oluşturmaktadır. Kamplara ancak gönüllü olarak katılmak isteyen öğretmen adayları ile gidilmektedir. Bu araştırma ortamında dersler, Vygotsky'nin sosyo-bilişsel perspektifi ile işbirlikçi öğrenme teorik çerçevesinde uygulanmaktadır. Vygotsky'e göre eğitim, sadece bilişsel gelişim için bir temel değil aynı zamanda sosyokültürel bir aktivitedir (Stenier ve Mahn, 1996). Doğada fizik dersi araştırmacıları da; eğitimi sadece bilişsel değil sosyokültürel bir aktivite olarak benimsemekte, dersin yürütülmesini sağlamaktadırlar.

Araştırmanın Modeli ve Çalışma Grubu

Araştırma fen eğitimindeki kaos ve türbülans konuları hakkındaki çalışmaların azlığı sebebiyle keşfedici nitel araştırma olarak tanımlanmıştır. Araştırma 2012-2013 yılı eğitim öğretim döneminin 2. yarısında farklı mekânlarda altı aşamada gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar araştırma ortamını tasarlayarak tüm süreç boyunca katılımcı gözlemci olarak araştırmada yer almışlardır. Araştırma ortamında ayrıca 2012-2013 eğitim-öğretim yılı Fizik Eğitimi Anabilim Dalı öğretmen adayları, açık alanlarda uzmanlaşan Marmara Üniversitesi Sivil Savunma gönüllülerinden bir grup, bir fizik uzmanı, önceki yıllarda bu dersi almış bir yüksek lisans öğrencisi ve otobüs şoförü de katılmıştır. Otobüs şoförleri 2006 yılından beri düzenlenen her kampta, grubun ulaşımını sağlamış ve kamp süresince grupla birlikte ortak yaşama alanı oluşturmuşlardır. Bu kişiler kendi özelliklerini de kamp alanına taşımış, zaman zaman kendi yaşantılarından gelen deneyimlerini kamp alanında ele alınan fizik problem çözme durumlarına da yansıtılmışlardır (Doğan, 2013).

Fizik uzmanı ise, dersin sınıf dışında ve sınıf içinde bütünlüğünü sağlamak üzere doğada gözlem ve gözlemlerin genel fizik kavramlarıyla ilişkilendirilmesi sürecine katkı sağlamıştır. Bu araştırmanın çalışma grubunu, altı aşamalı süreçte aktif veya dolaylı olarak yer alan dört gönüllü fizik öğretmen adayı oluşturmaktadır. Dört katılımcının ikisi dersin konaklamalı kamp aşaması haricinde diğer aşamalarına katılmış, diğer ikisi ise konaklamalı kamp aşamasına da katılmıştır. Kampa katılanlar ve katılmayanlar arasında iletişim sağlamak üzere kampa katılmayanlar için, kampta çekilen fotoğraf ve videoların kullanıldığı kamp etkinliği ile ilgili tamamlayıcı ek bir ders yapılmıştır.

Türbülans Etkinliği ile Kaos Öğretimi: Doğada Konaklamalı Kamp Uygulaması

Araştırma sonuçları, dört katılımcının açık uçlu sorulara verdikleri yazılı cevaplar, görüşme kayıtlarından elde edilmiş; ayrıca katılımcıların araştırmacı günlükleri ile araştırmacıların alan notları araştırma bulgularından elde edilen sonuçların yorumlanmasında kullanılmıştır.

Uygulama

İlk aşamada Hacılı Şelalesi'ne yapılan günü birlik gezide "dere gözlemi" etkinliği yapılmış; böylece öğretmen adaylarının akışkanlar konusundaki bilgilerinin hangi sınırlarda olduğu, yaptıkları bu gözlemler ve gözlem sonrası sınıfta yaptıkları sunumlarla anlaşılmasına çalışılmıştır. İkinci aşamada öğretmen adaylarının kaos ve türbülans ile ilgili ön görüşleri alınmış; üçüncü aşamada ise bir uzmanın katılımıyla gerçekleştirilen etkileşimli bir derste kaos ve türbülans konuları sınıf ortamına taşınmıştır. Son aşamada Mayıs ayında Sülüklü Göl'de gerçekleştirilen konaklamalı kampta araştırmacılar tarafından hazırlanan bir dere etkinliği uygulanmıştır. Verilerin nerede ne zaman ve nasıl toplandığı Tablo 1'de belirtilmiştir. Sırasıyla Tablo 2 ve Tablo 3'te dersin aşamaları ve Sülüklü Göl kampındaki uygulamalara yer verilmiştir.

Tablo 1. Verilerin toplanması

Veriler	Nerede	Ne zaman	Veri Toplama Araçları
Türbülans ve kaosla ilgili ön görüşler	Sınıf	Teorik dersten önce	Açık uçlu anket ile (30 dakika)
Türbülans ve kaosla ilgili görüşler	Kamp Alanı	Kamptayken	Kamp etkinlikler (not ve video kayıtları, fotoğraf çekimleri)
	Sınıf	Kamptan sonra	Kamp sonrası yapılan mülakatlar

Tablo 2. 2012-2013 Doğada Fizik dersinde gerçekleştirilen aşamalar

Aşamalar	Uygulamalar	Çalışma Ortamı	Çalışma Şekli
1.Aşama	Dere Akışı Gözlemi ve Gözlemlerle İlgili Sunumlar	Hacılı Şelalesi / Sınıf	3 - 4 Kişilik Gruplar
2.Aşama	Kaos ve Türbülans ile İlgili Ön Görüşlerin Alınması	Sınıf	Bütün Sınıf
3.Aşama	Teorik Ders: Kaos-Türbülans-Doğa (Manyetik Sarkaç Deneyi/ Kaotik Lorenz Su Değirmeni)	Sınıf	Bütün Sınıf
4.Aşama	Doğada Konaklamalı Kamp için Ön Hazırlık	Sınıf	Bireysel/3 - 4 Kişilik Gruplar
5.Aşama	Girdaplı ve Türbülanslı Akışların Gözlemi, Etkinlikler	Kamp alanı (Sülüklü Göl)	Bütün Katılımcılar
6.Aşama	Gözlemlerin ve Etkinliklerin Tartışılması	Sınıf	Bütün Sınıf

Tablo 3. Sülüklü Göl kampında yapılan uygulamalar

Kamp Alanında Uygulananlar
Uygulama 1: Teorik Ders (Genel Tekrar)
Uygulama 2: Türbülanslı Akışın Fotoğrafını Elde Etmek için Nesne Tasarlama Etkinliği
Uygulama 3: Uzman ve Araştırmacılar Tarafından Tasarlanan Nesne ile Gözlemi ve Fotoğraf Çekme Etkinliği, Kamp Ateşi Gözlemi

Verilerin Analizi

Araştırmada etkinlik öncesi, etkinlik sırasında ve etkinlik sonrasında elde edilen bulgular ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Etkinlik öncesi bulgular içerik analizi ile değerlendirilmiştir. Bu analizin ana düşüncesini; içerik çözümlemesi, dilsel materyal ve metinleri sistematik olarak analiz etmek içermektedir. Bunun için yazılı cevaplar, bölünerek ve aşamalı olarak incelenmiştir. Analizin bu aşamasında dört katılımcının cevaplarındaki benzerliklerinden dolayı etkinlik öncesi durum, tek bir başlıkta özetlenebilmiştir. Araştırmanın etkinlik sırası ve sonrasına karşılık gelen kısmında elde edilen bulgular betimsel bir şekilde değerlendirilmek üzere katılımcıların cümleleri değiştirilmeden olduğu gibi aktarılmıştır. Uygulama kısmında elde edilen bulgular, dere kenarındaki konuşmaların deşifre edilmesiyle elde edilmiştir. Uygulama sonrasında elde edilen bulgular ise birebir yapılan görüşmelerin deşifre edilmesiyle elde edilmiştir. Her iki durumda da kaos ve türbülansa odaklanılarak, deşifre metinlerde veri azaltma uygulanmıştır. Araştırmada kullanılan açık uçlu soruların hazırlanmasında pilot uygulama yapılmış, ayrıca uzman teyidi alınmıştır. Uzman, dersin sınıf dışında ve sınıf içinde bütünlüğünü sağlamak üzere doğada gözlem ve gözlemlerin genel fizik kavramlarıyla ilişkilendirilmesi sürecine katkı sağlamak amacıyla fizik uzmanı olarak katılmıştır. Her iki araştırmacı da analiz sürecinde birlikte yer almışlardır. Bu süreçte veri kaynakları kodlanarak arşivlenmiştir. Araştırmaya katılan katılımcıların isimlerine yer verilmemiş ve katılımcılar KT1, KT2, KT3 ve KT4 olarak kodlanmıştır.

Bulgular

Bu bölümde fizik öğretmen adaylarının içerik analiziyle kategorileştirilen kaos ve türbülans hakkındaki görüşlerine ait bulgular, kamp alanında yapılan etkinliklerin kısa açıklamaları, katılımcıların mülakatları ile tablolar halinde verilmiştir.

Etkinlikler Öncesinde Elde Edilen Bulgular

Tablo 4’de etkinlikler öncesinde açık uçlu anketten elde edilen katılımcıların kaos ve türbülans kavramını açıkladıkları ifadeler yer verilmiştir.

Tablo 4. Katılımcıların kaos ve türbülans kavramına yönelik ön görüşleri

Katılımcılar	Kaos kavramı	Türbülans Kavramı
KT1	Düzensizlik	Akışkanlar içerisindeki rastgele yer değiştirme hareketleri
KT2	Düzensizlik + Düzen	Hava boşluğu
KT3	Kaos Teorisi	Kuvvetlerde meydana gelen dengesizlik
KT4	Düzensizlik + Düzen	Akışkan hareketinin düzensiz olduğu bölge

Konaklamalı Sülüklü Göl Kampı Sırasında Elde Edilen Bulgular

Bu kısımdaki bulgular, Tablo 2'deki 5. aşamaya karşılık gelen; dere başında yaklaşık 1,5 saat süren etkinlik sırasında alınan video kayıtlarına dayanmaktadır. Açık alanlarda nitel araştırma tasarımındaki zorluklar bu çalışmada da kendini göstermiştir. Dere gözlem alanında katılımcıların sürekli hareket halinde ve çok sayıda katılımcı ile etkileşim içinde olması nedeniyle video çekimi için iki kayıt cihazı kullanılmış, çekim sırasında mümkün mertebe katılımcılara yakın olmaya çalışılmıştır. Etkinlik sırasında şelaleden akan suyun başladığı noktadan başlayarak farklı materyaller kullanarak (strafor parçaları, kâğıt parçaları, mürekkep, araştırmacılar tarafından tasarlanan strafor led ve bataryadan oluşan ışıklı materyal) birden fazla akıntı fotoğrafı çekilmesi amaçlanmıştır; doğada türbülanslı akışın fotoğrafı yakalanmaya çalışılmıştır. Gözlem ve etkinliklerin yapıldığı derenin akış hızı, derinliği ve şekli, etkinlik sırasında kullanılan materyallerin geri toplanabilmesini olanaklı kılmıştır. Katılımcılar, etkinlik yapılmadan önce derenin içinde etkinlikleri gerçekleştirebilmeleri için çizme giymişlerdir. Katılımcıların çizme ile etkinlikleri gerçekleştirmeleri, kullandıkları materyalleri dereye karışmadan toplayabilmelerine yardımcı olmuş ve böylece katılımcılarla birlikte çevre bilincine vurgu yapılabilmektedir. Bu çalışmada sadece türbülanslı akış arayış sürecine ve olayın fotoğraflanması anına odaklanılmış ve kayıtlarda bu ana ilişkin diyaloglara yer verilmiştir. Katılımcıların türbülanslı akış arayışı süresince yaptıkları diyaloglar değiştirilmeden yazıya aktarılarak Tablo 5'de gösterilmiştir. Sülüklü Göl kampında yapılan uygulamalarda, katılımcılar tarafından çekilen fotoğraflar da bulgulara eklenmiştir.

Tablo 5. Katılımcıların türbülanslı akış arayışı süresince yaptıkları diyaloglar

KT1:	"Burada ters döngü hareketi var ama tam o kadar güzel bir şey yok. Türbülans değil, o neydi? Doğrusal değil de tam ikisinin arasında bir şey geçiş akımı var burada."
KT4:	"...ben demin üç saniyelik hareketi çekebildim. Gece olsaydı çok güzel fotoğraf çıkıcaktı ya... Çok kısa süre pozlayabiliyorum gündüz. O da hareketi tam olarak çekemiyorum uzun sürede. Beş saniye fazla oluyor, çok ışık geliyor..."
KT1:	"Nerdeyse özdeş, üç parça kâğıt var elimde. Üst üste üç parça kâğıt var elimde. Nerdeyse özdeş tam kenarlarından yırtılmış. Bu üçünü böyle üst üste bir anda bırakırsak, birbirine yapışır mı acaba?"
Araştırmacı 1:	"Neden üçünü üst üste bırakıyoruz?"
KT1:	"Başlangıç şartlarına hassas bağlılık için. Yapışmaz farklı yerlere dağılırsa biz istediğimizi elde ederiz."

Fotoğraf çekme etkinliği, araştırmacıların yönlendirmesiyle hem kamp ateşi etrafında, hem de derede gerçekleştirilmiştir. Bu etkinlikte Bohr, Jensen, Paladin ve Vulpiani (1998) tarafından hazırlanan kitapta yer alan türbülanslı akışı gösteren Şekil 1'deki çizim kullanılmış ve katılımcılar tarafından bu çizime benzer fotoğrafların çekilebilmesi amaçlanmıştır. Şekil 1'de gösterilen türbülanslı akış çizimine benzer fotoğrafların çekilebilmesi için; profesyonel fotoğraf makinelerinin üç-dört saniyelik hareketi izlemek için kullanılan pozlama özelliğinden faydalanılmıştır. Katılımcılar tarafından pozlama özelliği ile çekilen fotoğraflar arasında fotoğraf 1 ve 2; Şekil 1'de gösterilen türbülanslı akış modeline en yakın fotoğraflar olmuştur.



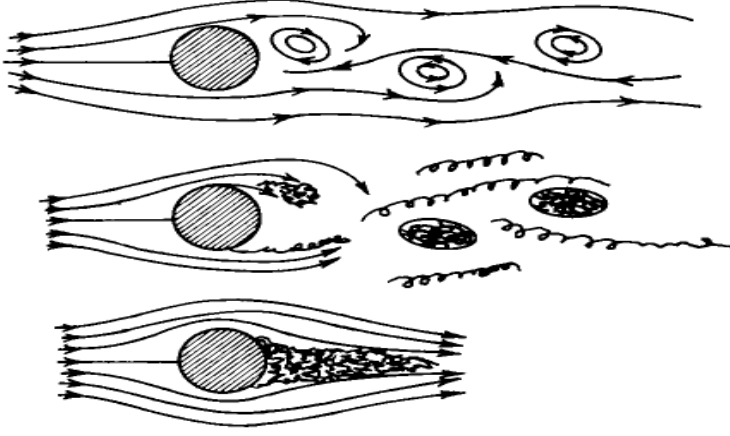
Fotoğraf 1. Katılımcıların sülüklü göl kampındaki kamp ateşinde çektiği fotoğraf



Fotoğraf 2. Katılımcıların kampta tasarlanan nesne ile derede çektiği fotoğraf



Fotoğraf 3. Katılımcıların kampta tasarlanan nesne ile derede çektiği fotoğraf



Şekil 1. Türbülanslı akış (Bohr, Jensen, Paladin ve Vulpiani, 1998)

Kamp Sonrası Elde Edilen Bulgular

Kamp sonrası bulgular, dört gönüllü katılımcıyla yapılan mülakatların yazıya aktarılması sonucu elde edilmiştir. Bu araştırmada, katılımcılarla yapılan mülakatlardaki sorulardan sadece üçünün analizi yapılarak bulgular elde edilmiştir.

1. Türbülans deyince aklınıza gelebilecek kavramlar nelerdir?
2. Türbülans nedir? Tanımlayınız.
3. Kampta yapılan türbülanslı akışı fotoğraflama etkinliğini kısaca anlatır mısınız?

KT1, KT2, KT3 ve KT4 kodlu katılımcıların sırasıyla 1. soruya verdiği cevaplar aşağıdaki gibidir:

Soru 1: Türbülans deyince aklınıza gelebilecek kavramlar nelerdir?"

KT1¹: "Dersten önce türbülans deyince tek aklımıza gelen şey uçakların bir türbülansa girip sallantı yaşamaları. Türbülansı sadece bir hava olayı, hani kesinlikle sıvılarda falan gibi değil. Hani orda uçağın sallanması için git gel bir kuvvet olması lazım her iki yönlü, normalde hani tek yönlü bir kuvvet olsa tek yöne doğru savrulma olur. Ama orda bir sallantı olduğu için garip hani her yönden gelebilecek hani kaotik kaosu bir kuvvetlerin olduğunu düşündüm. Türbülans hareketi, tamamen kaos bir ortamda hani hiçbir şeyin belli olmadığı hiçbir şeyin kestirilemediği fiziksel olarak o hareketi normalde biz fizikçiler bir gözlem yaparız o gözlem sonucunda hareketin başlangıcında o verileri alırız daha sonra sonunda ne olacağını tahmin etmeye çalışırız. Ama bizim şu an gördüğümüz dersten sonraki türbülans hareketinde hiçbir şekilde tahmin edilebilir bir hareket olmadığını anladım. Mesela o deredeki hareket mesela, şöyle söyleyeyim ilk başta siz bir video izlettirmiştiniz. Normalde hani bir yerden bırakılıyordu manyetik sarkaç vardı. Aynı yerden bırakmamıza rağmen aynı magnette durması lazım ama her seferinde farklı bir magnette duruyordu. Ha.. su olayında da böyle. Şöyle düşünelim oradaki bir tane çakıl taşının bile sistem üzerinde bir etkisi var. En ufak bir çakıl taşının bile. Hah o çakıl taşına çarpan su yön değiştiriyor, başka bir su akımıyla etkileşiyor. O oluyor bu

oluyor derken hani eğer sistem üzerinde milyar tane şey varsa eğer değişken varsa hani bunları hesaplayacak şu anda teknolojimiz yok.”

KT2¹: “Kaos geliyor aklıma. Çünkü ben türbülansın şu zamana kadar anladığım kadarıyla kaotik bir olay olduğunu düşünüyorum. Biraz aslında açık söylemek gerekirse, şu son zamanlarda öğrendiğim, önceki öğrendiklerime ket vurdu, unuttum diyebilirim daha önceden ne düşündüğümü. Ama türbülans deyince aklıma şey geliyordu uçaklarda, uçak yolculuklarında ortaya çıkan bir hava boşluğu gibi bir şey olduğunu düşünüyordum. Değişken hava akımları da geliyor şu an aklıma. Sadece hava akımı değil tabi ki iki farklı akışkan çakışması diye tanımlayabilirim. Bir çakışma yaşayıp, ortamda bir kaotik durum yaratması.”

KT3¹: “Türbülans deyince aklıma gelen ilk şey, derslerden falan da aklımda kaldığı kadarıyla düzensizlik, düzensiz bir hareket var ortamda. Orada bahsedilen şeylerden bir tanesi de periyodik olmayan hareketler, düzensiz bir hareket var. Şimdi fizikle alakalı olan, o zaman da düşünmüştüm ben, düzensizliği ayrı bir kenara alıp, periyodik bir hareketi ayrı kenara aldığım zaman... Şeyleri düşünmüştüm. Periyodik hareketlerle türbülansda gerçekleşen hareketler arasında ne gibi farklılıklar olabilir diye. Şöyle söyleyeyim türbülans, kaos falan baktığımız zaman ben bu üçü arasında bir şey yapılabilir mi? düşünülebilir mi? diye... Türbülans-kaos, fraktaller hakkında, bu üçünü düşünmüştüm. İşte başlangıç şartlarına hassas bağlılık vesaire vesaire işte bunları türbülansda nasıl kullanırım diye düşünmüştüm. Musluk olan şey var aklımda şey olarak. Bir deney vardı adını hatırlamıyorum. Reynolds sayısını hatırlıyorum ama. Bu türbülanslı harekettir ya da değildir diyorduk bu sayıya göre. Belli bir değer altında üstünde (o sayıyı hatırlamıyorum ama) hangi hareket olduğuna karar veriyorduk. En çok aklımda kalan şey alev oldu, kamp ateşi...”

KT4¹: “(Ihhh) Düzgün akım yeni başlangıçta akışkanlar aklıma geliyor sonuçta yani türbülans akışkanlarda gerçekleşen bir şey. (Ihhh) Reynolds sayısı aklıma geliyor, yanlış hatırlamıyorsam 4000'den yukarısı için türbülans geçerli oluyordu, Reynolds sayısında. (Ihhh) geçiş akımı geliyordu, onun dışında da zaten 4000'den yukarı için türbülans oluyor. Akışkanın hareketi normalde yavaş olduğu zaman düzgün bir akım gerçekleşiyor gayet düzgün hiçbir yere sapmadan bir akış gerçekleşiyor. Geçiş akışı biraz daha dalgalı, ama daha tam bozulmamış, (ihhh), istikamet bozulmamış belli bir yönde gidiyor bu. (ihhh) Türbülans da bir yerden sonra artık düzgün akarken sapmalar görülüyor, ihhhh, işte bunu tahmin edemiyoruz çünkü (ihhhh) çok küçük şeylerden başlangıç şartlarına hassas bağlı olduğu için ortaya çıkacak şekli biz tahmin edemiyoruz şu anki bilgimiz modellerimizle bu ortaya çıkarılamıyor. Reynolds sayısı akışkanın karakteristiğini belirleyen bir sayı. Mürekkep deneyi vardı onu hatırlıyorum.”

KT1, KT2, KT3 ve KT4 kodlu katılımcıların sırasıyla 2. soruya verdiği cevaplar aşağıdaki gibidir:

Soru 2: Türbülans nedir? Tanımlayınız.

Türbülans Etkinliği ile Kaos Öğretimi: Doğada Konaklamalı Kamp Uygulaması

KT1²: “İki akışkanın birbirine karışmasıyla, en iyisi çizerek anlatayım. Bir akışkanın normal akış yönüne devam ederken önüne bir engel çıkması olabilir, buradaki iki akımın çarpışması gibi de düşünülebilir, engel çıkması gibi de düşünülebilir. Bu akımın tamamen kendinden bağımsız tahmin edilemez yönde hareket etmesine, ters de dönebilir çapraz da gidebilir, bu tahmin edilemez bir yönde hareket etmesine türbülans derim.”

KT2²: “Aslında az önce de söylediğim gibi türbülans hakkında artık şöyle düşünüyorum. İki farklı doğrultuda akışkanın karşılaştığında bu karşılaşma sonucu, bu akımlar arasında kalan bölgelerde yarattığı bir kaos ortamı. Oradaki akımı da şu şekilde gösterebilirim, dairesel hareket olarak...”

KT3²: “Hareketin düzensizliği diyebilirim. Yani var olduğu ortamda oluşan bir şey. Havada türbülans oluşur. Hava akımlarının farklılaşmasından düzensizleşmesinden oluşur.”

KT4²: “Tek bir cümleyle değil de, akışkan hareketindeki düzensizlik, hava akımlarının, sıvı olabilir. Hareketteki bu düzensizliğin sebebi, mesela nehirdeki bir dal, bir taş o türbülansın şekline etki ediyor. Hızlı akan bir nehirde dahi görebiliyoruz.”

KT1, KT2, KT3 ve KT4 kodlu katılımcıların sırasıyla 3. soruya verdiği cevaplar aşağıdaki gibidir:

Soru 3: Kampta yapılan türbülanslı akışı fotoğrafıma etkinliğini kısaca anlatır mısınız?

KT1³: “Ufak parçalarla strafor parçaları bunlar su üzerinde yüzebilen parçalar, çünkü bizim gözlemleyebilmemiz için su üstünde yüzmesi lazım. Dolayısıyla bu parçaları kullandık. Bu parçaları serbest bıraktığımızda nerelere gidebileceğini gözlemledik. Bu sırada da KT4 kodlu arkadaşımız fotoğraf çekiyordu. Ben bu pozlama olayını da orda öğrendim, nasıl olduğunu, hep merak ediyordum. Mesela üç saniyelik tüm hareketi gözlemleyebiliyoruz. Küçük parçalar seçmemiz kuvvetlere karşı duyarlılığının fazla olmasını istememizdir.”

KT3³: “Doğal bir türbülans ortamı vardı ve zaten bunu bulmaya çalıştılar. Bulabildikleri ölçüde de suya bıraktıkları mekanizma türbülanslı bir ortama girdiğinde yön değiştirmesi türbülanslı hareketi ortaya koyması lazım. Orada onu gözlemlemek için öyle ledli bir sistem oluşturdular. Küçük strafor parçaları atmışlardı akıntının olduğu yerlere. Küçük parçalar daha kıvrak oluyor suyun üstünde yüzüyor ondan. Türbülansla daha çok şekil alabilir o parçalar...”

KT3³: “Nesne tasarlama etkinliğini biz de yaptık, onlar da yapmışlar. Türbülanslı ortama nasıl karar verdiniz kamptaki etkinlikte en çok bunu merak ediyordum. Derste sormadım galiba size, bir şey olmuştur yoksa muhakkak sorardım. O materyal dereye bırakıldı KT4 kodlu arkadaşımız fotoğraf çekiyordu, özel bir yöntemle çekiyordu. O nesnenin devrilebileceğine %80 ihtimal vermiştim, ki zaten öyle oldu. O ışıklı nesneden daha küçük nesne olsaydı tabiki daha kolay olurdu. Daha küçük hareketlerden etkilenecek fakat devrilmeyecek bir nesne olabilirdi.”

KT4³: “Bizim orada yaptığımız deneyde (ıhh) nehrin türbülansını tek bir fotoğraf üzerinde kaydetmeye çalışmaktı. (ıhhh) Bunun için işte şöyle bir şey kullandık, led kullandık aslında çok

da küçük değildi. Bunu bir tane straforun üzerine saptık, su üstünde hareket edebilmesi için. Aslında bunu çok daha küçük yapmamız gerekirdi ama o an için mümkün olmadı. Bunu nehre bıraktık. Dalgaların hareketi ile nesnenin fotoğrafını çekmeye çalıştık. Fotoğraf olarak uzun pozlama olarak yaptık, bütün hareketin fotoğrafını bir karede çekecektik. Uzun pozlama dediğim belli bir anı kaydetmeye çalışıyorduk. Fotoğraf makinesinin perdesini üç saniye veya sekiz saniye açık bırakarak fotoğraf üzerinde ışıklı nesnenin bıraktığı izi belirlemeye çalıştık. Aslında ışıklı nesne büyük olmasından dolayı hassas hareket edemedi.”

Tartışma

Başlangıçta uygulanan açık uçlu anket cevaplarında katılımcıların kaosu sadece "karmaşa-düzensizlik" olarak tanımlanması katılımcıların uygulama öncesindeki bilimsel söylemlerine, kaos teorisi ve onun birçok alandaki uygulamasının girmediği şeklinde bir yorum yapılabilir. KT1 kodlu katılımcının uygulama sonrasındaki görüşmede türbülans deyince aklına manyetik sarkaç gelmesi, "tahmin edilemezlik" ve "başlangıç şartlarına hassas bağlılık" kavramlarını manyetik sarkaç örneği ile açıklamaya çalışması; Duit ve Komorek (1997)'in 15-16 yaş grup aralığına tahmin edilemezlik ilkesinin öğretimi için kullandığı manyetik sarkaç ve basit sarkaç deneylerinin tahmin edilemezlik ilkesini anlamada kolaylık sağladığı ile paralellik sergilemektedir.

Bütün katılımcılar genel olarak türbülansı; "akışkan hareketindeki düzensizlik olarak" tanımlamış; türbülansla ilgili birçok fotoğraf ve şekiller gösterilmesine rağmen Şekil 1'de görülen şekil ile türbülansın akış şeklini bulmaya çalışmışlardır.

Sonuçlar

Kaosun "Tahmin Edilemezlik İlkesi"nin; teorik derste anlatılan ve gösterilen manyetik sarkaç deneyi ile Hacılı Şelalesinde yapılan dere gözlemi aracılığıyla katılımcılar tarafından anlaşıldığı katılımcıların söylemlerine dayanılarak söylenebilir.

Katılımcılar, kamptan ve dersten önce kaos ve türbülans hakkında görüşlerini sadece "düzen, düzensizlik ve dengesizlik" kavramları ile açıklarken; doğada konaklamalı kamptan ve teorik derslerden-sınıf içi tartışmalardan sonra günlük hayattan deneyimlerinden örneklerle (deprem, rafting, uçak, hortum...), analogilerle (çöl rüzgarları...) açıklamaya çalışmışlardır. Kavramları öğrendikten ve deneyimledikten sonra yaşamlarındaki olaylarla türbülans ve kaosu ilişkilendirerek anlattıkları, yapılan mülakatlardaki söylemlerine dayanılarak söylenebilir. Araştırmada yer alan "Doğada Fizik: Gezi ve Kamp Uygulamaları" dersi, açık alanlarda yapılan ve yapılması planlanan fizik öğretiminin gerçekleştirilmesine yönelik alternatif bir öğrenme ortamı örneği sunmaktadır.

KT1 ve KT4 kodlu katılımcılar kampta aktif olarak etkinlikleri yapmakla birlikte; KT2 ve KT3 kodlu katılımcılar sınıf içinde gerçekleştirilen etkileşimli derste kampta yapılan etkinliklerin videosunu izleyerek süreçle ilgili bilgi edinmişlerdir. Bu noktada KT1 ve KT4 kodlu katılımcıların neden fotoğraf çekme etkinliği ile ilgili detaylara yer verirken; diğer katılımcıların daha yüzeysel cevaplar verdiği tartışılabilir. Gerçekten de KT4 önceki

yaşantısından fotoğrafçılıkla ilgilenmesi nedeniyle gerek hazırlık evresinde gerekse kamp alanında gönüllü olarak fotoğraf çekiminde yer almıştır. KT1 ise fotoğrafçılıkla ilgili önceden teknik bilgiye sahip olmamasına rağmen KT1 ve araştırmacılarla birlikte kamp alanında fotoğraf çekimi için ortamda tasarım yapma, uygun pozu yakalamak için farklı durumlar arasından uygun olana karar verme süreçlerine katılmıştır. KT2 ve KT3 ise kamp alanında fotoğraf çekim sürecine dâhil olamamışlardır. KT2 ve KT3'ün fotoğrafçılıkla ilgili hem önceden teknik bilgileri yoktur, hem de kamp alanında eğlenceli ve uzun bir süreyi alan fotoğrafçılığın teknik bilgisi ile en uygun pozun yakalanmaya çalışıldığı karar verme süreçlerinin dışında kalmışlardır.

Öneriler

Kampta etkinlikler yapılırken veri alınmasını engelleyecek aksilikler yaşanmıştır. Örneğin; dereye tasarlanan nesnenin fotoğraf çekiminin gündüz yapılması, pozlama ayarlanırken fotoğraf makinesinin objektifine çok fazla ışığın girmesine sebep olmuş ve materyalin suda hareketinin on – on beş saniyelik gibi uzun zaman aralığında fotoğrafının çekilmesi mümkün olamamıştır. Dereye gerçekleştirilen etkinliklerde en fazla beş saniye boyunca materyalin hareketi izlenebilmiştir. Bu da istenilen görüntüye ulaşılmasında sorunlar yaratmıştır. Fakat gece yapılan kamp ateşi fotoğraf çekme etkinliğinde on – on beş saniye kadar pozlama süreleri ayarlanabilmiş ve böylece hareketin daha uzun zaman aralığında fotoğrafı çekilebilmiş ve dereye çekilen Fotoğraf 2 ve 3'e göre; kamp ateşinde çekilen Fotoğraf 1, Şekil 1'deki türbülanslı akışa daha çok benzemiştir.

Tasarlanan materyalin suda yüzebilmesi durumunda sorun yaşanmamış olmasına rağmen; girdaplı akışların olduğu bölgelere bırakılan materyalin ters dönmesi durumu ile etkinlik yapılırken karşılaşmıştır. Materyalin üzerinde bulunan ledten alınan ışık sayesinde çekilebilecek fotoğraf; materyal ters döndüğü zamanlarda çekilememiştir. Etkinlik sırasında bu durumu katılımcılarla tartışırken, aslında ledin materyale iki taraflı yerleştirilmesinin bu problemi ortadan kaldıracak çözümü sunulmuş ve materyalin iyileştirilmesine yönelik ledi iki taraflı materyale yerleştirme önerisi yapılmıştır.

Müfredat öğretim programımızda henüz yer almayan kaos teorisinin öğretimi için türbülans etkinliği, öğretmenler tarafından proje ödevi olarak çalıştırılabilir veya akışkanlar anlatılırken türbülans etkinliği yapılabilir.

Bu araştırmada kaos ve türbülansla ilgili yapılan etkinliklerin uygulanmasının yöntemi ve sonuçları, bundan sonra kaos ve türbülansla ilgili yapılacak araştırmalara kaynak olarak, öğretmenler için ise ön çalışma niteliği taşıyabilir.

Ayrıca kampa katılan öğretmen adaylarının doğada birlikte yaparak, yaşayarak ve karar verme süreçlerine dâhil olarak alanda kazandıkları deneyimlerinin eğitim boyutu başka çalışmalarda derinlemesine incelenebilir. Bu araştırmanın sonuçları aynı uygulamaya dayalı tüm sınıfı kapsayacak şekilde gerçekleştirilecek olan bir başka araştırmanın sonuçlarına katkı sağlayabilir.

Teşekkür

Çalışmalarımıza destek veren Marmara Üniversitesi Sivil Savunma Kulübü ekibine, Sülüklü Göl kampına katılarak ve fikirleriyle derse katkıda bulunan Sayın Atilla Gürel'e ve Hacı Şelalesinde yardımcı olan Gizem Demircioğlu'na teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Bohr, T., Jensen, M.H., Paladin, G. & Vulpiani, A. (1998). *Dynamical system approach to turbulence*, Cambridge: Cambridge University Press. <http://www.cambridge.org/us/academic/subjects/physics/nonlinear-science-and-fluid-dynamics>. erişim tarihi: 10.09.2013
- Bülbül, M.Ş. (2013). *Ders kitaplarında olması gereken bir kuram: Kaos*, Pegem Akademi: Ankara.
- Doğan, Y. (2013). *Fiziğin konaklamalı kamp deneyimiyle zenginleştirilmiş sınıf içi ve sınıf dışı ortamlar aracılığıyla başlamsallaştırılma sürecinin değerlendirilmesi*, Yayınlanmamış doktora tezi, Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Duit, R. & Komorek, M. (1997). Understanding of the basic ideas of chaos-theory in a study of limited predictability, *International Journal of Science Education*, 19, 247-264.
- Karaçay, T. (2004). Determinizm ve kaos, mantık, matematik ve felsefe, II. Ulusal Sempozyumu. Assos-Çanakkale, Bildiriler Kitabı, İstanbul Kültür Üniversitesi Yayınları No: 49, ISBN: 975-6657-50-6.
- Prigogine, I. & Stengers, I. (1985). *Order out of chaos: man's new dialogue with nature*, Flamingo: London, Great Britain.
- Sardar, Z. & Abrams, I. (2010). *Kaos: Düzensizlikteki düzeni anlamak için çizgibilim* (1.Baskı), İstanbul: NTV Yayınları.
- Stavrou, D., Duit, R. & Komorek M. (2008). A teaching and Learning Sequence about the Interplay of chance and determinism in nonlinear system, *Physics Education*, 43, 417-422.
- Steiner, V.J. & Mahn, H. (1996). Sociocultural approaches to learning and development: A Vygotskian framework, *Educational Psychologist*, 31(3,4) 191-206.
- Türk Dil Kurumu Türkçe Sözlük (2005). 10.Baskı, Ankara.
- Yılmaz, D. ve Güler, N.F. (2006). Kaotik zaman serisinin analizi üzerine bir araştırma, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21(4), 759-779.