



Sistemsel Düşünme Becerilerinin Tanımlanması, Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi Üzerine Bir Çalışma: Kavram Haritaları *

A Study on Identifying, Measuring and Evaluating Systems Thinking Skills: Concept Maps

Güliz Karaarslan Semiz^{a†}, Gaye Teksöz^b

^aAğrı İbrahim Çeçen University, Ağrı, Turkey

^bMiddle East Technical University, Ankara, Turkey

Öz

Bu çalışmanın amacı fen eğitimi ve sürdürülebilir kalkınma için eğitim kapsamında belirlenen sistemsel düşünme becerilerinin kavram haritaları kullanılarak ölçülmesi ve değerlendirilmesidir. Sistemsel düşünme becerileri günümüzde fen eğitiminde 21. yüzyıl becerilerinden biri olarak kabul edilirken, sürdürülebilir kalkınma için eğitim kapsamında öğretmenlerin ve öğrencilerin sahip olması gereken kritik yeterliliklerden biri olarak görülmektedir. Çalışmanın verileri, nitel araştırma yöntemlerinden tek durum deseni uygulanarak, sınıf dışında sürdürülebilir kalkınma için eğitim seçmeli dersi kapsamında toplanmıştır. Çalışmaya son sınıfta okuyan sekiz fen bilimleri öğretmen adayı katılmıştır. Katılımcıların sistemsel düşünme becerileri kavram haritaları ve yarı yapılandırılmış görüşmelerle değerlendirilmiştir. Katılımcılar dersin temaları ile ilgili dersin başında ve sonunda olmak üzere toplam 16 kavram haritası çizmişlerdir. Kavram haritaları dersin içeriğini oluşturan “göl sisteminin sürdürülebilirliği” ve “sürdürülebilir çözümler” temaları üzerinden hazırlanmıştır. Kavram haritalarının değerlendirilmesinde araştırmacılar tarafından geliştirilen bir rubrik kullanılmıştır. Sonuç olarak ilk kavram haritalarına göre sistemsel düşünme becerileri üç düzeyde (yeterli, gelişmekte olan ve yeni ortaya çıkan) değerlendirilirken, ikinci kavram haritalarına göre öğretmen adaylarının yarısının sistemsel düşünme becerisi yeterli düzeyde, yarısının ise gelişmekte olan olarak değerlendirilmiştir. Genel olarak birinci kavram haritalarında daha çok lineer ilişkiler çizen öğretmen adayları ikinci kavram haritalarında daha karmaşık ilişkiler çizdikleri ve ders süresince sistemsel düşünme becerilerini geliştirdikleri belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sistemsel düşünmek, sürdürülebilir kalkınma için eğitim, kavram haritaları, fen bilimleri öğretmen adayları.

Abstract

The purpose of this study is to measure and evaluate systems thinking skills through concept maps in science education and education for sustainable development. Systems thinking is one of the 21st century skills in science education and one of the critical competencies in education for sustainable development that teachers should have. Research design of this study is single case study which was conducted in an elective course-outdoor based education for sustainable development. 8 pre-service science teachers participated in the study. Systems thinking skills of the participants were measured through concept maps and semi-structured interviews. Participants drew totally 16 concept maps at the beginning and at the end of the course. Concept maps were created based on the content of the course including the themes of “sustainability of a lake system” and “sustainable solutions”. Concept maps were evaluated based on the rubric developed by the researchers. Based on the results, according to the first concept maps’ analysis pre-service teachers’ systems thinking skills were evaluated in three levels which were mastery, developing and emerging. However, according to second concept maps’ analysis, half of the pre-service teachers’ systems thinking skills were evaluated as mastery and half of the one’s systems thinking skills were evaluated as developing. While pre-service teachers displayed mostly linear relationships in the first concept maps, they showed more complex relationships in the second concept maps. It is revealed that they developed their systems thinking skills through the course.

*This article is derived from Güliz Karaarslan Semiz’s PhD dissertation, conducted under the supervision of Gaye Teksöz.

*ADDRESS FOR CORRESPONDENCE: Asst. Prof. Dr. Güliz Karaarslan Semiz, Department of Mathematics and Science Education, Faculty of Education, Ağrı İbrahim Çeçen University, Ağrı, Turkey, E-mail address: gulizkaraarslan@gmail.com, Tel: +90(472) 215 5413. ORCID ID: 0000-0003-2717-9998.

^bProf. Dr. Gaye Teksöz, Department of Mathematics and Science Education, Faculty of Education, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, E-mail address: guncer@metu.edu.tr, Tel: +90(312) 210 6411, ORCID ID: 0000-0001-6287-991x.

Received Date: September 20th, 2018. Acceptance Date: January 26th, 2018.

Keywords: Systems thinking, education for sustainable development, concept maps, pre-service science teachers.

© 2019 Başkent University Press, Başkent University Journal of Education. All rights reserved.

1. Giriş

21. yüzyıldaki iklim değişikliği, biyolojik çeşitliliğin yok olması, enerji krizi gibi küresel problemler karmaşık, birbiriyle bağlantılı, sistemsel problemlerdir ve çözümünü için sürdürülebilir, sistemsel yöntemler gereklidir (Capra & Luisi, 2014). Gelecek nesillerin sürdürülebilir bir dünya için bu karmaşık problemlerin çözümünde gerekli olan bilgi ve becerilerle donatılması elzemdir (Carter, 2008). Fen, teknoloji ve mühendislik alanındaki hızlı gelişmeler karşısında bilim insanları etik ve ahlak konuları da gündeme getirmekte, bütün bu gelişmelerin sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerini de düşünerek sürdürülebilirlik kavramının fen eğitimi ile ilişkilendirilmesi gerektiğini öne sürmektedirler (örn., Carter, 2008; Colucci-Gray, Perazzone, Dodman & Camino, 2013; Feldman & Nation, 2015; Gough, 2008). Fen bilimleri eğitiminin nihai amacı fen okuryazarı bireyler yetiştirmektir (Gough, 2008). Ancak 21.yüzyılda fen eğitiminin amacı fen okuryazarı bireyler yetiştirmenin yanı sıra bireyleri sürdürülebilir bir geleceğe hazırlamanın yollarını da sunmak olduğu ifade edilmiştir (örn., Carter, 2008; Choi, Lee, Shin, Kim & Krajcik, 2011). Günümüzün karmaşık problemlerini anlamak ve sürdürülebilirlik için çözüm yolları üretmek için fen eğitiminin sürdürülebilirlikle ilişkilendirilmesi önem kazanmaktadır (Feldman & Nation, 2015). Sürdürülebilirliğin fen eğitimiyle ilişkilendirilmesi fen, teknoloji, toplum ve çevre (FTTÇ) ya da çevre, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (Ç-FeTeMM) gibi yenilikçi yaklaşımlarda da görülmektedir. Fen eğitimine sürdürülebilirlik perspektifiyle yaklaşmak öğrencilerde sürdürülebilirlik bilincinin kazanılmasında etkili olabilir (Stratton, Hagevik, Feldman & Bloom, 2015). Fen bilgisi öğretmenlerinin sürdürülebilirlik okur yazarı ve küresel düşünen bireyler olabilmeleri ve sürdürülebilirlik için gerekli bilgi ve becerilere sahip olmaları gerekmektedir (Carney, 2011; Foley, Archambault & Warren, 2015; Stratton vd., 2015). Öğrencileri sürdürülebilir bir geleceğe hazırlamak için tüm öğretmenlerin sürdürülebilirlik kalkınma için eğitim (SKE) kapsamında gerekli olan yeterliliklere (örn., sistemsel düşünme) sahip olması önemlidir (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO], 2004; 2005). Bu nedenle fen bilimleri öğretmenlerinin de SKE kapsamında yeterliliklerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Birleşmiş Milletler Ekonomi Komisyonu (United Nations Economic Commission for Europe [UNECE], 2011) her alanda eğitimcilerin ve öğretmenlerin sürdürülebilir kalkınma için eğitim kapsamında sahip olması gereken yeterlilikleri belirlemiştir. Aynı zamanda Sleurs (2008) sürdürülebilir kalkınma için eğitim kapsamında öğretmenler için gerekli olan 5 yeterlilikten bahsetmiştir. Bu yeterlilikler, değerler ve etik, davranış, bilgi, duygular ve sistemsel düşünme başlıkları altında toplanmıştır (Sleurs, 2008). Her iki çalışmada da sistemsel düşünme becerileri SKE kapsamında kritik yeterliliklerden biri olarak rapor edilmiştir. Aynı zamanda ABD’de Ulusal Araştırma Konseyi (National Research Council [NRC], 2012) tarafından hazırlanan fen eğitimi standartları raporunda sistemsel düşünme becerileri 21. yüzyıl becerilerinden biri olarak tanımlanmıştır. Gelecek nesilleri 21. yüzyılın ihtiyaçlarını da gözeterek sürdürülebilir bir gelecek için sorumluluk sahibi bireyler olarak yetiştirebilmek amacıyla fen eğitiminin SKE ile ilişkilendirilmesi ve bireylere sistemsel düşünme becerilerinin kazandırılması gereklidir (Feldman & Nation, 2015). Karaarslan ve Teksöz (2016) yaptıkları çalışmada sistemsel düşünme becerilerinin fen bilimleri öğretmenlerinin SKE alanında yeterli olabilmeleri için sahip olmaları gereken anahtar yeterliliklerden biri olduğunu ifade etmişlerdir. Sistemsel düşünme olmadan sürdürülebilirlik kavramının karmaşık yapısını anlamak mümkün değildir (Palmberg, Hofman-Bergholm, Jeronen & Yli-Panula (2017). Okullarda sistemsel düşünme becerilerinin kazandırılması öğrencilerin karmaşık ilişkileri daha iyi anlamalarına ve sürdürülebilirlik için aktif katılım sağlamalarına yardımcı olur (Riess & Mischo, 2010). Bu nedenle öğretmenler öğrencilerde sürdürülebilirlik anlayışının geliştirilmesi ve sistemsel düşünme becerilerinin kazandırılmasında önemli rol oynarlar (Palmberg vd., 2017). Bu çalışmada fen bilimleri öğretmen adaylarının sistemsel düşünme becerilerinin kavram haritaları ve görüşmeler yoluyla değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1.1 Sistemsel Düşünme Becerilerinin Tanımlanması ve Ölçülmesi

Bir sistemin sürdürülebilir olması tüm alt bileşenlerinin sağlıklı olmasına bağlıdır. Bu nedenle eğitimde paradigma değişikliği ve dönüşüm için sistemsel düşünme bakış açısının kazandırılması gereklidir (Sterling, 2004). Sterling (2009, s.1) “Eğer sürdürülebilir bir gelecek kurmak istiyorsak, bağlantılı düşünmeliyiz” diyerek sistemsel düşünmenin ne kadar önemli olduğuna vurgu yapmaktadır. Sistemsel düşünme mekanistik bakış açısından bütüncül (holistic) bakış açısına geçişi ifade etmektedir (Capra, 2002). Sistemsel düşünmek üst düzey düşünme becerilerinden biridir (örn., Senge, 2006; Booth-Sweeney & Sterman, 2000). Sistemsel düşünme aynı zamanda tek bir beceri değil pek çok becerinin birleşimidir (Assaraf & Orion, 2005).

Alan yazınında sistemsel düşünme becerileri bir sistemin bileşenleri ve onlar arasındaki ilişkileri anlamak, büyük resmi görebilmek, uzun vadeli çözümler üretmek ve bir sistemin parçası olduğunun farkında olabilmek olarak tanımlanmaktadır (Capra, 2005; Sleurs, 2008; Sterling, 2004; Tilbury & Cooke, 2005). Senge (2006) ise sistemsel

düşünmeyi karmaşık sistemleri ve onlar arasındaki bağlantıları anlamak için bir disiplin olarak ifade etmektedir. Sistemsel düşünmek sürdürülebilir kalkınma kavramının karmaşık yapısını anlamak, insanların oluşturduğu sistemler ve doğal sistemler arasındaki ilişkileri analiz edebilmek için fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken becerilerdendir (Palmborg vd., 2017). Sistemsel düşünmek aynı zamanda SKE'in mihenk taşlarından biridir. Son yıllarda Türkiye'de SKE'in öneminin farkına varıldığı görülmektedir. En son 3-8. sınıflar fen bilimleri öğretimi programında sürdürülebilir kalkınma kavramına yer verilmiştir (MEB, 2018). Aynı zamanda yeni güncellenen öğretmen eğitimi lisans programlarında SKE hem fen bilgisi öğretmenliği ve hem de matematik öğretmenliği lisans programında seçmeli ders olarak verilmesi önerilmiştir. Gençleri sürdürülebilirlik bilinciyle yetiştirebilmek ve onları sürdürülebilir bir geleceğe hazırlamak için SKE alanında atılan önemli adımlardır. Bu da sistemsel düşünme becerilerinin genç yaşlarda kazanılması ile mümkün olabilir. Bu nedenle öğretmen eğitiminde sistemsel düşünme becerilerinin kazandırılmasına önem verilmelidir.

Bu çalışmada ele alınan sistemsel düşünme becerileri birinci yazarın doktora tezinde tanımladığı 12 beceriden oluşmaktadır. Bu beceriler SKE ve Fen Eğitimi kapsamında belirlenmiştir. Bu beceriler belirlenirken ilgili araştırmalardan faydalanılarak bir çerçeve çizilmiştir. SKE alanında özellikle Sleurs (2008) ve UNECE (2011) tarafından hazırlanan raporlar incelenmiştir. Fen eğitimi alanında ise özellikle Assaraf ve Orion (2005)'in yer bilimleri alanında geliştirdiği 8 sistemsel düşünme becerisi incelenmiştir. Aynı zamanda Karaaslan ve Teksöz (2016)'ün fen eğitimi ve SKE alanında öğretmenlerin sahip olması gereken yeterlilikleri inceleyerek yaptıkları fark analizi yöntemi ile fen bilimleri öğretmenlerinin sahip olması gereken sistemsel düşünme becerilerinin neler olabileceği üzerinde durmuşlardır. Fark analizi yöntemi mevcut durum (mevcut bilgi ve beceriler) ile olması gereken durum arasındaki farklılıklar belirlemek için kullanılır (Janetti, 2012). Burada yola çıkarak fen bilimleri öğretmenlerinin SKE alanında yetkin olabilmek için sahip olmaları gereken yeterlilikler araştırılmıştır (Karaaslan & Teksöz, 2016). Özellikle sistemsel düşünme becerileri ön plana çıkmıştır. Sonuç olarak Tablo-1'de verilen 12 sistemsel düşünme becerisi belirlenmiştir.

Tablo 1

Sistemsel Düşünme Becerileri

Sistemsel Düşünme Becerileri (SDB)	Tanımları
1.Sürdürülebilirliğin boyutlarını tanımlayabilmek	Sürdürülebilirliğin sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarını tanımlayabilmek (McKeown, 2002).
2.Doğayı bir sistem olarak görebilmek	Doğayı tüm bileşenleri ile bir bütün olarak görebilmek. Bu beceri integral ekoloji (Hargens, 2005) ve doğayı mekanistik ya da bütüncül bakış açısıyla görmek (Capra, 1999) kavramlarıyla ilişkilidir.
3.Bir sistemin bileşenlerini belirleyebilmek	Bir sistem içindeki bileşenleri belirleyebilmek (Assaraf & Orion, 2005). Bu sistem çevre, toplum ya da ekonomiyle ilgili olabilir.
4.Sürdürülebilirliğin boyutları arasındaki ilişkileri analiz edebilmek	Sürdürülebilirliğin sosyal, ekonomik ve çevresel boyutları arasındaki ilişkileri analiz edebilmek (Nolet, 2009).
5.Bir sistemin gizli bileşenlerini fark edebilmek	Yüzeyde görünmeye modelleri ve ilişkileri fark edebilmek (Assaraf & Orion, 2010).
6.Sistem içerisinde kendi sorumluluğunun farkına varabilmek	Günlük yaşamda kendi tercihlerinin sorumluluğunu alabilmek ve sistem içerisindeki kişisel rolünü fark edebilmek (Sleurs, 2008; Sterling, Maiteny, Irving & Salter, 2005; UNECE, 2011).
7.Geçmiş, gelecek ve günümüz arasındaki bağlantıları fark edebilmek	Geçmişteki deneyimlerden ders çıkarabilmek ve bu deneyimlerin geleceğe olan etkilerini fark edebilmek (Assaraf & Orion, 2005; Sterling vd., 2005; UNECE, 2011).
8.Sistemin döngüsel doğasını fark edebilmek	Doğal sistemlerin döngüler halinde çalıştığını farkına varabilmek (Assaraf & Orion, 2005).
9.Diğer kişilerle empati kurabilmek	Diğer kişilerin eylemlerinin arkasındaki nedenleri ve ihtiyaçlarını anlayabilmek (Sleurs, 2008; Tilbury & Cooke, 2005; UNECE, 2011).
10.Diğer canlılarla empati kurabilmek	Diğer canlılarla empati kurabilmek. Doğal dünyaya karşı bağlantıda hissetmek (Sleurs, 2008).
11.Mekân algısı (sense of place) geliştirebilmek	Bir yerin biyofiziksel, sosyokültürel ve psikolojik bileşenleri arasında bağlantı kurabilmek (Moseley Perrotta & Kharon, 2015).
12.Sistemsel düşünme bakış açısını kendi yaşamına uyarlayabilmek	Sürdürülebilirlik için dönüştürücü eylemleri araştırmak ve kendi yaşamına uyarlamak (Sleurs, 2008; UNECE, 2011).

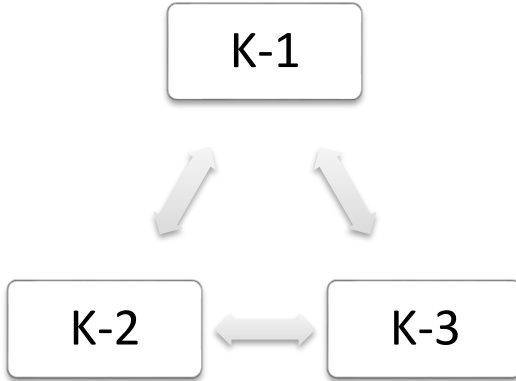
Sistemsel düşünme becerilerinin tanımlandıktan sonra nasıl geliştirileceği ve ölçüleceği önemli konulardan biridir. Sistemsel düşünme becerilerinin geliştirilmesinde özellikle sınıf dışında eğitim önemli bir araç olarak ifade edilmektedir (örn., Assaraf & Orion, 2005, 2010; Keynan, Assaraf & Orion, 2014). Bazı araştırmacılar özellikle sınıf dışında eğitimin sistemsel düşünme becerilerinin geliştirilmesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmalarda sınıf dışında eğitim ile karmaşık sistemlerin daha iyi anlaşılacağı, mekan algısının geliştirilebileceği, zamansal düşünmenin kazandırılacağı ve doğal döngülerin nasıl işlediğinin daha iyi anlaşılacağı açıklanmıştır (örn., Carney, 2011; Keynan vd., 2014; O'Brien, Sparrow, Morales & Clayborn, 2015; Semken & Freeman, 2008).

Diğer konu ise sistemsel düşünme becerilerinin değerlendirilebilmesi için uygun ölçme araçlarının geliştirilmesidir. Eğitim alanında yapılan araştırmalarda sistemsel düşünmeyi ölçmek için anketler, görüşmeler, yazılı dökümanlar, durum analizi gibi çeşitli ölçme araçları kullanılmıştır (örn., Assaraf & Orion, 2010; Brandstadter, Harms & Grobsschedl, 2012; Connell, Remington & Armstrong vd., 2012). Aynı zamanda kavram haritaları sistemsel düşünme becerilerini ölçmek için önerilen etkili araçlardan biridir (Brandstadter, vd., 2012). Örneğin, Assaraf ve Orion (2005; 2010) yaptıkları çalışmalarda fen eğitiminde 8 sistemsel düşünme becerisi tanımlamışlardır. Lise öğrencilerinin sistemsel düşünme becerilerini geliştirmek için hem sınıf içi hem de sınıf dışı etkinlikler hazırlamışlar, anketler, görüşmeler ve kavram haritalarından oluşan çeşitli ölçme araçları geliştirmişlerdir.

1.2 Kavram Haritaları ile Sistemsel Düşünme Becerilerinin Ölçülmesi

Kavram haritaları kavramlar ve kavramlar arası ilişkilerin grafiksel yöntemlerle gösterilmesini sağlayan bir tekniktir (Novak, 1990). Kavram haritaları konunun içeriğine göre hiyerarşik ya da hiyerarşik olmayan yapılarda olabilir (Yin, Vanides, Ruiz-Primo, Ayala & Shavelson, 2005). Yin ve arkadaşları (2005) kavram haritaları için beş farklı yapı tanımlamışlardır. Bunlar, birbiriyle zincirlenmiş doğrusal yapılar, papatya şeklinde dizilmiş döngüsel yapılar, merkez kavram etrafından şekillenmiş yapılar, dallardan oluşan ağaç şeklinde yapılar ve ağ şeklinde karmaşık yapılardan oluşan kavram haritalarıdır. Ağ şeklinde olanlar en karmaşık ve doğrusal olanlar ise en basit şekilli kavram haritaları olarak ifade edilmiştir (Yin vd., 2005).

Bireylerin sistemsel düşünme yapılarını ortaya koymak için hiyerarşik kavram haritaları yerine hiyerarşik olmayan, karmaşık kavram haritaları çizilmesi gereklidir (Assaraf & Orion, 2005; Safayeni, Derbentsava & Canas, 2005). Sistemsel düşünme becerilerinin ölçülmesinde özellikle daha karmaşık ve döngüsel kavram haritalarının çizilmesinin öğrencilerin bir sistemin bileşenlerini ve onlar arasındaki ilişkileri gösterebilmesinde önemlidir (Safayeni vd., 2005). Döngüsel ilişkiler sistemsel düşünmenin temelini oluşturur (Assaraf & Orion, 2005; 2010). Safayeni ve arkadaşları (2005) döngüsel kavram haritaları (cycling maps) ile ilgili Şekil 1'deki modeli önermiştir.



Şekil 1. Döngüsel ilişkiler haritası (Safayeni vd., 2005)

Döngüsel kavram haritaları kavramlar arasındaki dinamik ilişkileri ortaya koyar ve bir sistem içerisindeki bağlantıları ve sistemin nasıl çalıştığını gösterir (Safayeni vd., 2005)

Fen eğitimi alanında yapılan bazı çalışmalarda öğrencilerin sistemsel düşünme becerilerini ölçmek için kavram haritaları kullanılmıştır. (e.g., Brandstadter et al., 2012; Raved & Yarden, 2014; Tripto, Assaraf & Amit, 2013). Kavram haritaları özellikle biyoloji, yer bilimleri, çevre eğitimi araştırmalarında öğrencilerin doğal sistemleri nasıl algıladıklarını ölçmek ve sistemsel düşünme becerilerini ortaya koymak için kullanılan tekniklerdendir. Örneğin, Tripto ve arkadaşları (2013) yaptıkları çalışmada lise öğrencilerinin sistemsel düşünme becerilerini değerlendirmek için biyoloji alanında vücudumuzdaki sistemler konusu ile ilgili kavram haritası çizdirmişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre kavram haritalarının öğrencilerin özellikle analiz ve sentez becerilerini ortaya çıkarmada etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Assaraf ve Orion (2005; 2010) yer bilimleri alanında yaptıkları çalışmalarda öğrencilerden su döngüsü ile ilgili kavram haritaları çizmelerini istemişlerdir. Yazarlar kavram haritaları ile özellikle bazı sistemsel düşünme becerilerinin

ölçülebileceğini ortaya koymuşlardır. Bu beceriler a. Bir sistemin bileşenlerini ve ilişkileri belirleyebilme b. İnsan etkisini bileşeninin verilmesi c. Su döngüsünün döngüsel yapısını ifade etme d. Sistemin bileşenlerini organize etme ve bir bütünlük içerisinde ortaya koyma olarak sunulmuştur. Yazarlar kavram haritalarını kavramların sayısı, kavramlar arasındaki ilişkiler ve bunların kavram haritaları içerisindeki organizasyonuna göre değerlendirmişlerdir. Başka bir çalışmada Raved ve Yarden (2014) dolaşım sistemi konusu kapsamında 7. sınıf öğrencilerinin sistemsel düşünme becerilerini araştırmışlardır. Öğrenciler dolaşım sistemini oluşturan süreçleri ve bileşenleri kavram haritaları çizerek göstermişlerdir. Yazarlar kavram haritalarını kendi oluşturdıkları bir model üzerinden değerlendirmişlerdir. Bu modelde sistemsel düşünmenin dört bileşenine odaklanmışlardır: a. Sistemin bileşenlerini belirleyebilme b. Sistemin bileşenleri arasındaki basit ilişkileri belirleyebilme c. Sistemin bileşenleri arasındaki dinamik ilişkileri belirleyebilme d. Sistemin bileşenlerini bir çerçeve içerisinde organize edebilmedir. Aynı zamanda yazarlar kavram haritalarının karmaşık yapısını önceden belirledikleri dört modele göre analiz etmişlerdir. Bunlarda Model-A en basit model, Model-B biraz daha karmaşık model (merkezde bir kavram ve diğer kavramlarla ilişkili), Model-C karmaşık bir model (birden fazla kavram diğer kavramlarla ilişkili) ve Model-D ise en karmaşık modeli (kavramlar dallanmış bir ağ şeklinde birbiriyle ilişkili) ifade etmektedir (Raved & Yarden, 2014). Sistemsel düşünme becerilerinin değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmalar biyoloji, yer bilimleri gibi farklı disiplinlerde uygulanmıştır. Öğretmenlerle ya da öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmalar ise daha az sayıdadır. Son yıllarda Türkiye’de Ateşkan ve Lane (2017) tarafından yapılan bir çalışmada öğretmenler için bir SKE programı geliştirilmiş ve bu programın öğretmenlerin sistemsel düşünme becerilerini nasıl geliştirdiği ölçülmüştür. Kavram haritaları ve anket uygulanarak yapılan çalışmada kavram haritalarının analiz sonuçlarına göre öğretmenlerin kavramlar arasındaki bağlantıları kurmakta güçlük çektiklerini tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada fen bilimleri öğretmen adaylarının üç sistemsel düşünme becerisi yani “bir sistemin bileşenlerini belirleyebilme”, “bir sistemin gizli bileşenlerini fark edebilme” ve “sistemin döngüsel doğasını fark edebilme” becerileri kavram haritaları ve görüşmeler aracılığıyla değerlendirilmiştir. Değerlendirme yöntemi olarak kavram haritaları seçilmiştir çünkü kavram haritaları sistemsel düşünme becerilerinin ölçülmesine etkili ve partik ölçme araçlarından biridir (Assaraf & Orion, 2005; 2010; Brandstadter et al., 2012). Dolayısı ile bu çalışma kapsamında kavram haritalarının sistemsel düşünme becerilerinin ölçülmesi için kullanılabilmesi için geliştirilen bir yöntem sunulmaktadır.

Çalışmanın araştırma soruları şöyledir:

- Sürdürülebilir kalkınma için eğitim kapsamında sistemsel düşünme becerileri kavram haritaları ile nasıl değerlendirilir?
- 4.sınıf fen bilimleri öğretmen adaylarının sınıf dışında sürdürülebilir kalkınma için eğitim dersi kapsamında sistemsel düşünme becerileri nasıl değişim göstermektedir?

2. Araştırma Yöntemi

Bu çalışma temel nitel araştırma yöntemlerinden bütüncül tek durum deseni kullanılarak hazırlanmıştır (Yin, 2009). Bütüncül tek durum deseni sınırlı bir çerçeve içerisinde bir durumu detaylı ve bütüncül olarak açıklamaktır (Yin, 2009). Aynı zamanda durum çalışmalarında “nasıl” ve “neden” sorularına cevap aranarak detaylı bir araştırma yapılır. Bu çalışma bir ders kapsamında fen bilimleri öğretmen adaylarının sistemsel düşünme becerilerinin nasıl geliştiğini araştırdığı için bütüncül tek durum araştırma desenine uygundur. Çalışma 2013-2014 bahar döneminde Orta Doğu Teknik Üniversitesi’nde fen bilimleri öğretmen adayları için açılan seçmeli bir ders olan sınıf dışında SKE için eğitim dersi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Ders süresince öğretmen adayları çeşitli etkinliklere katılmışlar ve kavram haritaları çizmişlerdir. Ders haftalık üç saatten oluşmakta ve tüm uygulamalar çoğunlukla sınıf dışında yapılmaktadır. Özellikle ODTÜ yerleşkesi uygulama alanı olarak kullanılmıştır. Ders iki önemli temadan oluşmaktadır. Öncelikle bu ders kapsamında öğretmen adayları bir göl sistemini sürdürülebilirlik açısından incelerler. Göl sistemi ile ilgili incelemeler Ankara’da bulunan Eymir Gölü çevresinde yapılır. İlk olarak orman ekosistemini keşfederler, daha sonra su kalitesi ölçümleri yaparlar ve son olarak göl ve çevresinden faydalanan kişilerle (restaurant, kafe işletmecileri, sporcular gibi) görüşmeler yaparak göldeki insan-doğa ilişkisini keşfederler. Böylelikle bir göl sistemini sürdürülebilirliğin ekonomik, sosyal ve çevresel boyutları açısından değerlendirirler. Dersin diğer teması ise sürdürülebilirlikle ilgili çözümlere odaklanır. Öğretmen adayları kompost ve bahçe etkinlikleriyle döngüsel sistemler, tüketim alışkanlıkları ve sistem içerisindeki kendi rollerinin farkına varırlar. Kavram haritaları ise bu dersin temaları üzerinden oluşturulur.

2.1 Katılımcılar

Bu çalışmaya seçmeli dersi alan 4. sınıfın son döneminde okuyan sekiz fen bilimleri öğretmen adayı katılmıştır. Seçmeli dersi toplam on bir öğretmen adayı almıştır ancak bunlardan 8’i dersleri düzenli takip etmeleri, alan gezilerine düzenli katılmaları ve araştırmaya katılmaya gönüllü olmaları nedeniyle tercih edilmiştir. Öğretmen adayları 21-25 yaş arasındadır. Beşi kadın ve üçü erkektir. Hepsisi fen bilimleri öğretmen eğitimi programında bulunan alan dersleri ve eğitim derslerini tamamlamıştır. Aynı zamanda zorunlu çevre bilimi dersini bir dönem önce almışlardır. Kısacası öğretmen

adaylarının bu çalışmaya katılmadan önce fen bilimleri eğitimi alanında yeterli bilgiye sahip oldukları düşünülmektedir. Katılımcıların çizdikleri kavram haritalarının bilimsel çalışma kapsamında kullanılması için gerekli izinler alınmıştır.

2.2 Veri Toplama Süreci

Veri toplama süreci kavram haritaları ve görüşmeler yoluyla gerçekleştirilmiştir. Ders kapsamında öğretmen adayları iki kez kavram haritası çizmişlerdir. Kavram haritalarından birini göl sistemini çevresel, ekonomik, sosyal açılardan değerlendirip, bir sistemin döngüsel yapısının nasıl işlediğini öğrendikten sonra çizmişlerdir. Diğer kavram haritasını ise dönem sonunda sürdürülebilir çözümler başlığı altında işlenen kompost ve okul bahçesi etkinliğinden sonra çizmişlerdir. Kavram haritalarını oluştururken katılımcılardan yukarıda tanımlanan sistemsel düşünme becerileri kapsamında göl sistemi ve sürdürülebilir çözümler ile ilgili derste öğrendikleri tüm kavramları ve bunlar arasındaki ilişkileri düşünmeleri istenmiştir. Kavram haritaları sistemin bileşenlerini belirleyebilmek, bileşenler arasındaki ilişkileri ortaya koyabilmek ve sistemin karmaşık yapısını anlayabilmek için etkili bir ölçme aracıdır (Assaraf & Orion, 2005). Sistemsel düşünme becerilerinin daha üst düzey becerileri ölçmek için kavram haritaları yeterli değildir (Tripto, Assaraf & Amit, 2013). Bu nedenle bu çalışmada özellikle Tablo 1’de sunulan on iki sistemsel düşünme becerilerinden üç tanesi üzerinde durulmuştur. Bu bileşenler şöyledir: SDB-3: Bir sistemin bileşenlerini belirleyebilmek, SDB-5: Bir sistemin gizli bileşenlerini fark edebilmek ve SDB-8: Sistemin döngüsel doğasını fark etmek. İlgili alan yazınında da bu becerilerin kavram haritalarıyla ölçülebildiği görülmektedir (örn., Ateşkan & Lane, 2017; Tripto et al., 2013).

Bir göl sistemi ve sürdürülebilir çözümler (kompost ve bahçe etkinliği) ile ilgili kavram haritaları çizimlerinden sonra öğretmen adaylarıyla sistemsel düşünme becerilerini değerlendirebilmek için tek tek yarı-yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Görüşmeler her kavram haritası çizimleri bittikten sonra yani ikişer kez birinci yazar tarafından yapılmış ve yaklaşık 20 dk sürmüştür. Görüşmeler kavram haritalarının analizinde elde edilen sonuçları desteklemek için kullanılmıştır. Katılımcılardan kavram haritalarındaki ilişkileri, kavramları, kavramlar arasında nasıl bağlantılar kurduklarını detaylı olarak açıklamaları istenmiştir. Görüşme soruları Tablo 2’de sunulmaktadır.

Tablo 2

Görüşme Soruları

Sorular
1. Kavram haritanda gösterdiğin bileşenlerden bahsedebilir misin?
2. Kavram haritasında gösterdiğin ilişkileri açıklayabilir misin?
3. Bu kavramlar arasında nasıl bağlantılar kurdun? Açıklayabilir misin?
4. Kavram haritanda daha önce derste bahsedilmeyen ancak senin gerekli gördüğün bileşenler var mı? Açıklayabilir misin?
5. Kavram haritanda döngüsel (hiyerarşik olmayan) bağlantılar var mı? Açıklayabilir misin?
6. Bu döngüsel ilişkiler arasında nasıl bağlantılar kurdun? Açıklayabilir misin?

2.3 Veri Analizi

Kavram haritaları SDB-3: Bir sistemin bileşenlerini belirleyebilmek, SDB-5: Bir sistemin gizli bileşenlerini fark edebilmek ve SDB-8: Sistemin döngüsel doğasını fark etmek sistemsel düşünme becerileri üzerinden değerlendirilmiştir. Kavram haritaları analiz edilirken ise karmaşık ve hiyerarşik olmayan yapılar, sistemin bileşenlerinin sayısı, bileşenler arasındaki ilişkiler ve varsa gizli bileşenler göz önüne alınmıştır. Kavram haritası değerlendirme rubriği oluşturularak önceden belirlenen kriterlere göre sistemsel düşünme becerileri değerlendirilmiştir. Bu kriterler yukarıda belirtilen üç sistemsel düşünme becerilerinden oluşmaktadır. Kavram haritalarına göre katılımcıların sistemsel düşünme becerileri *yeterli*, *gelişmekte olan* ve *yeni ortaya çıkan* derecelerine göre değerlendirilmiştir. Sistemsel düşünme becerisi *yeterli (mastery)* düzeyde olan katılımcıların kavram haritalarının pek çok bileşeni ve bileşenler arasındaki bağlantıları göstermesi, gizli bileşenlere yer vermesi, karmaşık ve döngüsel ilişkilerden oluşan bir yapıda olması beklenmektedir. Sistemsel düşünme becerisi *gelişmekte olan (developing)* katılımcıların ise kavram haritaları sistemin bazı bileşenlerini ve bunları arasındaki ilişkileri göstermesi, gizli bileşenlerin bazılarına yer vermesi, karmaşık görünse de geliştirilmesi gereken yerler olduğuna işaret eder. Kavram haritasında bazı bileşenlere yer verilse de bağlantıların açık ve net bir şekilde verilmediği, gizli bileşenlerin yer almadığı, lineer ve daha çok hiyerarşik yapıda olan kavram haritalarına göre sistemsel düşünme becerisi *yeni ortaya çıkan (emerging)* olarak değerlendirilir. Veri analizinde araştırmacı ve uzman kavram haritalarını ve görüşmeleri rubriğe göre ayrı ayrı değerlendirmiştir. Değerlendirmede aynı fikirde olunan ve aynı fikirde olunmayan bölümler hesaplanarak iç güvenilirlik katsayısı %89 olarak bulunmuştur. Miles ve Huberman (1994)’e göre iki araştırmacı arasındaki tutarlılığın %70’in üzerinde olması güvenilirliği sağlamak için yeterlidir. Kavram haritası değerlendirme rubriği Tablo 3’de sunulmaktadır:

Tablo 3

Kavram Haritası Değerlendirme Rubriği

Değerlendirme Düzeyi	Kriterler
Yeterli (karmaşık)	<ol style="list-style-type: none"> 1.Kavram haritası (KH) pek çok bileşenleri ve bağlantıları göstermektedir. 2.KH gizli bileşenleri açıkça göstermektedir. 3.KH sistemin döngüsel yapısını göstermektedir. 4.KH karmaşık bir yapıdadır.
Gelişmekte Olan (karmaşık fakat geliştirilmesi gerekiyor)	<ol style="list-style-type: none"> 1.KH sistem içindeki bazı bileşenleri ve bağlantıları göstermektedir. 2. KH bazı gizli bileşenleri göstermektedir. 3. Sistemin döngüsel yapısını biraz göstermektedir. (örn. doğal döngülerle ilgili birkaç bağlantı) 4. KH karmaşık yapıda görünse de geliştirilmesi gerekmektedir.
Yeni ortaya çıkan (lineer yapıda)	<ol style="list-style-type: none"> 1. KH sistemin bazı bileşenlerini göstermekte ancak bağlantılar açık ve net verilmemektedir. 2. KH gizli bileşenleri göstermemektedir. 3. Sistemin döngüsel yapısıyla ilgili bir ifade verilmemektedir. 4. KH daha çok lineer ve hiyerarşik bir yapıdadır.

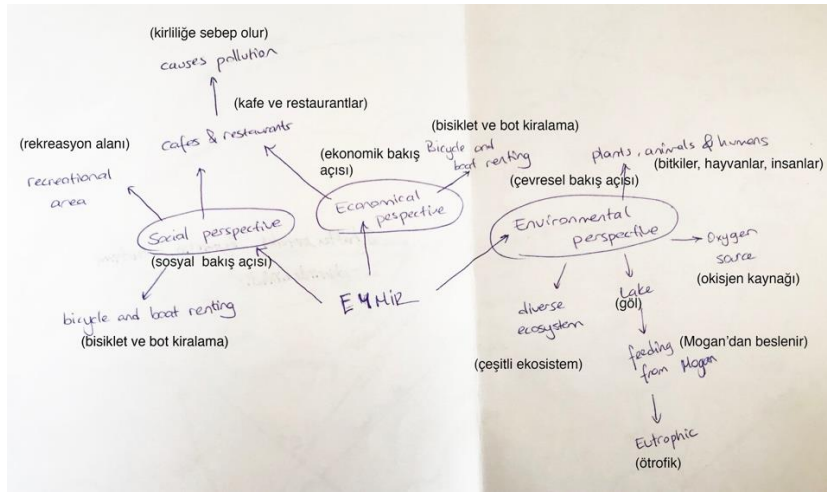
3. Bulgular

Ders kapsamında sekiz katılımcı toplam on altı kavram haritası çizmiştir. Kavram haritaları önceki bölümde bahsedilen göl sistemi ve sürdürülebilir çözümler (kompost ve bahçe yapımı) konuları üzerinden çizilmiştir. Birinci kavram haritalarının analiz sonuçlarına göre sekiz katılımcıdan üçünün sistemsel düşünme becerileri *yeterli* düzeyde iken, üç katılımcının *gelişmekte olan* ve iki katılımcının ise *yeni ortaya çıkan* olarak değerlendirilmiştir. Üç katılımcı göl sistemi ile ilgili pek çok bileşeni ve bağlantıları göstermiş ve iklim değişikliği, kentleşme, küreselleşme gibi ilk bakışta görülemeyen gizli bileşenlere yer vermişlerdir. Aynı zamanda katılımcılar sistemin döngüsel yapısı ve karmaşık ilişkilere yer vererek hiyerarşik olmayan kavram haritaları çizmişlerdir. Diğer katılımcılardan ise özellikle iki kişinin kavram haritaları eksik bileşenler ve bağlantılardan oluşmakta ve karmaşık olmayan daha lineer bir yapı ortaya koymaktadır. Göl sisteminin sürdürülebilirliği ile ilgili kavram haritalarının analiz sonuçları Tablo 4’de verilmektedir. Üç farklı kategoriye göre değerlendirilmiş örnek kavram haritaları ise Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4’de sunulmaktadır.

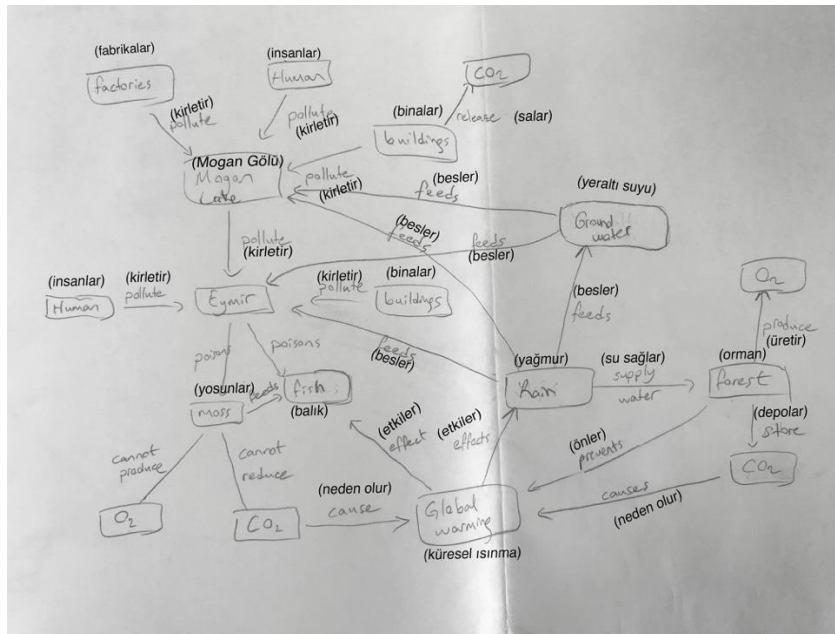
Tablo 4

Birinci kavram haritalarının analiz sonuçları

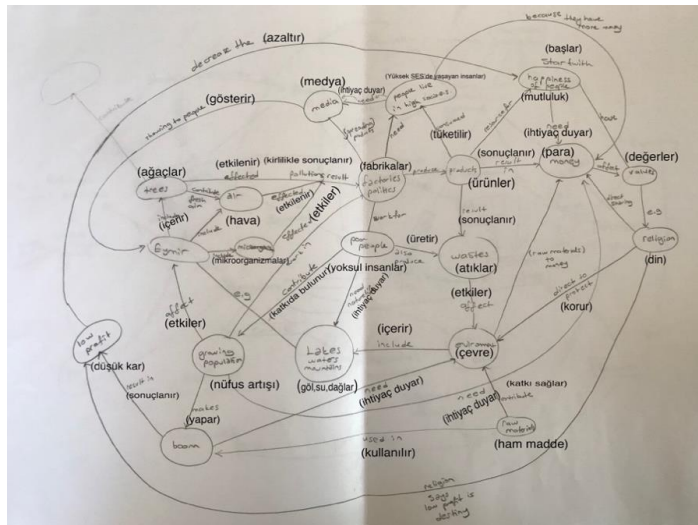
Katılımcılar	Temalar					
	Sistemin Bileşenleri (Kavramlar)	Gizli Bileşenler	Bileşenlerin Sayısı	Bağlantıların Sayısı	Karmaşıklık	Sistemsel Düşünme Beceri Derecesi
K-1	örn. Eymir, su, insan, orman, hayvanlar, bütüncül düşünce, lineer düşünce	değerler, nüfus artışı, lineer düşünce, iklim değişikliği	26	45	Hiyerarşik olmayan yapıda, karmaşık ilişkiler	Yeterli
K-2	Örn. dünya, ekosistemler, Eymir Gölü, Mogan Gölü, kirlilik, bütün system, ağaçlar, toprak, kayalar, insanlık tarihi	iklim değişikliği, küresel ısınma	34	36	Hiyerarşik olmayan yapıda, karmaşık ilişkiler	Yeterli
K-3	Örn. Eymir, çevre, atıklar, fabrikalar, ağaçlar, hava, mikroorganizmalar, para, ürünler	yoksulluk, değerler, medya, insanların mutluluğu	21	35	Hiyerarşik yapıda olmayan, dögüsel	Yeterli
K-4	Örn. Eymir Gölü, Eğitim, teknoloji, farkındalık, compost, geri dönüşüm	-	17	18	Hiyerarşik ilişkiler	Yeni ortaya çıkan
K-5	Örn. Eymir ekosistem, insan, su, orman, Mogan Gölü, bitkiler	küresel ısınma	17	22	Karmaşık fakat geliştirilmesi gerekiyor.	Gelişmekte olan
K-6	Örn. Eymir, Mogan, fabrikalar, binalar, orman, balıklar, yağış rejimi, insanlar	küresel ısınma	13	24	Geliştirilmesi gerekiyor	Gelişmekte olan
K-7	Örn. Eymir, sosyal, ekonomik ve çevresel bileşenler	-	14	14	Lineer ilişkiler	Yeni ortaya çıkan
K-8	Örn. Eymir, sürdürülebilirlik, işletmeler, hava kirliliği, toprak kirliliği, geri dönüşüm	imara açılma	23	26	Karmaşık ilişkiler var ancak geliştirilmesi gerekiyor	Gelişmekte olan



Şekil 2. K-7'nin kavram haritası (Yeni ortaya çıkan)



Şekil 3. K-6'nın kavram haritası (Gelişmekte olan)



Şekil 4. K-3'ün kavram haritası (Yeterli)

Katılımcıların kavram haritaları hakkında daha detaylı bilgi almak için görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerde SDB-3 (Bir Sistemin Bileşenlerini Belirleyebilme) açısından katılımcılardan kavram haritalarında paralel sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin, K-1 Eymir Gölü özelinde bir göl sistemini incelerken pek çok bileşenin olduğunu ve bunların birbiriyle bağlantılı olduğunu ifade etmiştir.

K-1: Eymir sürekli gelişen bir ekosistem. Bu gelişmeye de etki eden çok fazla şey var. Şehirleşmeden başladım önce çünkü Eymir'i en çok baskılayan şey o. Bunun da sebebi nüfus artışı dedim. Şehirleşme de küreselleşmeyle ilişkili. Bunun iyi tarafları da olabilir, kötü tarafları da. Kötü tarafı doğadan uzaklaşıyoruz ve sürekli çalışmaya odaklanıyoruz. Bu da bizi sürdürülebilir sistemlerden uzaklaştırıyor. Tek taraflı ve lineer düşünmemize sebep oluyor.

Aynı katılımcı yüzeyde doğrudan göremediğimiz gizli bileşenlerin de neler olabileceğini görüşmelerde ifade etmiştir. (SDB-5: Sistemin Gizli Bileşenlerini Fark edebilmek). K-1 Eymir Gölü özelinde insan faaliyetleri sonucu karbon ayak izinin artması, bunun iklim değişikliği üzerine etkisi ve bunun göl sistemlerini de etkilemesinden bahsetmiştir.

K-1: Burada CO₂ en çok nüfus artışı ile ilişkilendirilebilir. İnsan faaliyetleri ile karbon ayak izi arttırılıyor. O yüzden CO₂ artıyor. Eymir bizim için bir doğal sistemi temsil ediyor. Bu doğal sistemler nelerden etkileniyor? İklim değişikliğinden etkileniyor mesela. İklim değişikliği kirlilikten, teknolojiden eğitimden, sosyal hayatımızdan etkileniyor.

K-3 ise Eymir gölü ile insanların değerleri, üretim-tüketim oranları, mutluluk gibi sosyal, çevresel ve ekonomik konularla bağlantı kurmuştur:

K-3: Büyüyen bir popülasyon ile birlikte tüketim oranı daha çok arttığı için bir şekilde katkı sağlamış oluyoruz. Eymirle ilişkilendirirsem bu büyüyen popülasyon oranları da etkiliyor. Eymir'in içinde ağaçlar, hava, canlılar var. Bunlar da bu büyüyen popülasyondan etkilenen şeylerdir. Kötü yönde etkileniyorlar.

Örneğin, K-6 Eymir ve Mogan Gölleri arasındaki ilişki ve iklim değişikliği açısından kavram haritasını değerlendirmiştir:

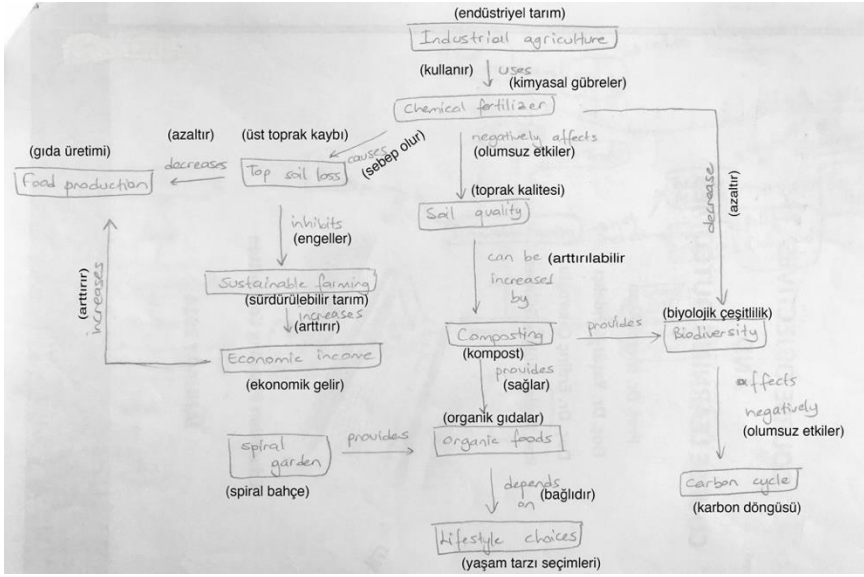
C: Derste bahsettiğimiz Mogan tarafından Eymir kirletiliyor. İlk başta Mogan'ı çevresindeki insanlar kirletiyor. Mogan bağlantısından dolayı Eymir kirlenir. Bu da Eymir Gölün'deki balıkları, yosunları etkiliyor. Yosunlar bu sisteme CO₂ temizleyip oksijen sağlıyorlar. Bunu yapamadıkları için, bunu O₂ ve CO₂ ile bağlamaya çalıştım. CO₂ ne arttıkça küresel ısınma artacak. Küresel ısınma yağışı etkiliyor. Yağış olmadığı için Eymir'deki su miktarı azalıyor. Yağış olmadığı için yeraltı suları olmuyor. Yağmur olmuyor. Sonuç olarak göllerdeki sular azalıyor.

Sürdürülebilir çözümlerle ilgili çizilen ikinci kavram haritaları ise bazı katılımcıların sistemsel düşünme becerilerini geliştirmeye başladıklarını göstermektedir. Kavram haritalarının analizine göre 8 katılımcıdan 4'ünün sistemsel düşünme becerileri yeterli düzeyde iken 4 katılımcınının gelişmekte olan olarak değerlendirilmiştir. Bir katılımcının sistemsel düşünme becerisi (K-3) birinci kavram haritasında yeterli düzeyde iken ikinci de geliştirmekte olan olarak kodlanmıştır. Bunun nedeni K-3 birinci kavram haritasında daha fazla bileşen ve daha karmaşık ilişkilere yer verirken, ikinci kavram haritasında daha az bileşen ve hem hiyerarşik hem de karmaşık ilişkilere yer vermiştir. Ancak derste geçen çoğu kavramı kullanabilmiştir. Genel olarak birinci kavram haritalarında daha çok lineer ilişkiler çizen katılımcılar ikinci kavram haritalarında daha karmaşık ilişkiler çizmişlerdir. Tablo-5 ikinci kavram haritalarının analiz sonuçlarını göstermektedir. Şekil-5 ve şekil-6'de örnek kavram haritaları sunulmaktadır.

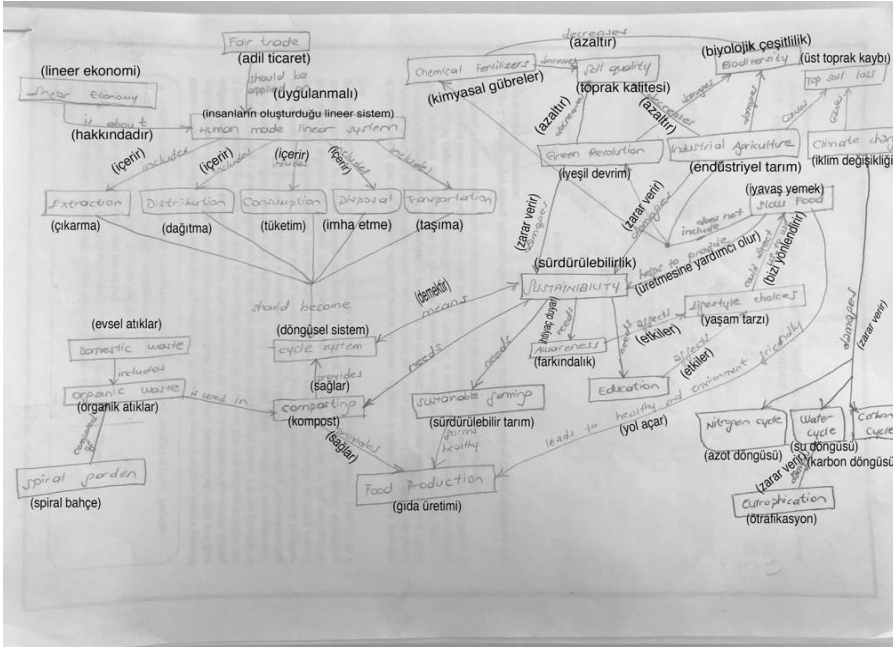
Tablo 5

İkinci kavram haritalarının analiz sonuçları

Katılımcılar	Temalar					
	Sistemin Bileşenleri (Kavramlar)	Gizli Bileşenler	Bileşenlerin Sayısı	Bağlantıların Sayısı	Karmaşıklık	Sistemsel Düşünme Düzeyi
K-1	Örn. kompost, kimyasalar gübreler, azot döngüsü, karbon döngüsü, sürdürülebilirlik	iklim değişikliği, yaşam tarzı	26	28	Karmaşık yapıda	Yeterli
K-2	Örn. gıda üretimi, ulaşım, fosil yakıtlar, compost, azot döngüsü, karbon döngüsü	iklim değişikliği, küresel ısınma, yaşam tarzı	30	30	Karmaşık yapıda	Yeterli
K-3	Örn. compost, gıda üretimi, tüketim, yeşil devrim, sürdürülebilir tarım, azot döngüsü	iklim değişikliği, yaşam tarzı	18	20	Önceki kavram haritasına göre daha az karmaşık	Gelişmekte olan
K-4	Örn. Sürdürülebilirlik, adil ticaret, döngüsel system, lineer system, biyolojik çeşitlilik, endüstriyel tarım, azot döngüsü	iklim değişikliği, yaşam tarzı	31	46	Karmaşık yapıda	Yeterli
K-5	Örn. compost, karbon döngüsü, azot döngüsü, sürdürülebilirlik, biyolojik çeşitlilik, kimyasal gübreler	iklim değişikliği	17	18	Geliştirilmesi gerekiyor	Gelişmekte olan
K-6	Örn. kompost, sürdürülebilir tarım, gıda üretimi, karbon döngüsü, fosil yakıtlar, tüketim, yeşil devrim	iklim değişikliği, sosyal problemler	23	30	Birinci kavram haritasına göre daha karmaşık, ancak bazı bağlantılar net değil	Gelişmekte olan
K-7	Örn. Endüstriyel tarım, kimyasal gübreler, toprak kalitesi, sürdürülebilir tarım, kompost, spiral bahçe	ekonomik gelir, yaşam tarzı	13	13	Birinci kavram haritasına göre daha kapsamlı	Gelişmekte olan
K-8	Örn. sürdürülebilirlik, doğal döngüler, kompost, kimyasal gübreler, adil ticaret.	iklim değişikliği, yaşam tarzı,	21	40	Karmaşık yapıda	Yeterli



Şekil 5. K-7'nin kavram haritası (Gelişmekte Olan)



Şekil 6. K-4'ün kavram haritası (Yeterli)

İkinci kavram haritalarının çizilmesinde hemen sonra katılımcılarla yapılan görüşmeler kavram haritalarının değerlendirmesini destekler düzeydedir. Örneğin, K-4 ikinci kavram haritasında karmaşık ilişkilere yer vermiştir (Şekil-6). Bu nedenle sistemsel düşünme becerisi yeterli düzey olarak kodlanmıştır. Görüşmelerde kavram haritasında belirttiği sistemin bileşenlerini ve bunlar arasındaki ilişkileri detaylı bir şekilde açıklamıştır.

K-4: Önce ben insanların oluşturduğu lineer sistemlerden başladım. Bunlar dağıtım, tüketim, ulaşım gibi kavramlarla ilişkili. Derste izlediğimiz bir videoda ne kadar çok atık çıkardığınla ilgili olarak senin değerini attığın atık miktarıyla ölçülebilir gibi bir cümle kullanılıyor. Aynı zamanda limiti olan bir dünyada lineer bir sistemi kullanamazsın diyor. Sonsuz bir sistem sonsuz bir gezegen böyle bir şey olamaz. Bunu döngüsel çevirmemiz lazım. Geri dönüşüm yapılmalı. Bunun yanı sıra işçi hakları korunmalı. Adil ticareten bahsedilmişti. Onları yazdım mesela. Bu lineer sistemin bir döngüsel olması lazım. Kompost yapmak buna güzel bir örnek.

K-4 sistemin döngüsel yapısından da bahseder. Derste yapılan kompost ve bahçe etkinliğiyle döngüsel bir sistem oluşturulduğunu ifade eder.

K-4: Burada kimyasal hiçbir şey kullanmadık. Ekonomik olarak dersiniz gübre almıyoruz, kimyasal kullanmıyoruz. Orda sadece biraz toprağımız ve suyumuz vardı. Sonuçta bir döngü oluşturduk. Döngü demek sonsuza kadar bir döngü oluşturuyor. Sonsuz kelimesini kullanınca sürdürülebilirlik geliyor benim aklıma.

K-7 benzer şekilde kavram haritasında çizdiği bileşenler ve onlar arasındaki ilişkilerden bahsetmiştir (Şekil-5). Özellikle ekonomik boyutun yüzeyde hemen görünmeyen ancak konuyla ilişkili olduğunu ifade etti. K-7'nin kavram haritası yine de lineer yapıda ve döngüsel olmayan ilişkiler içerdiği için gelişmekte olan olarak kodlanmıştır.

K-7: Çok fazla kavram olduğu için birini yazıp diğerlerine bağlamaya çalıştım. İlk kimyasal gübreler yazmıştım bu toprak kalitesini olumsuz yönde etkiliyor dedim. Endüstriyel tarımda kullanılıyor dedim. Toprak kalitesi de kompost yaparak artırılabilir dedim. Kompost yaparak organik gıda elde edebiliriz dedim. Spiral bahçeler yaparak organik gıda elde edebiliriz dedim. Bu da yaşam tarzımıza bağlıdır dedim. Bazı insanlar buna önem verir yapar bazıları önem vermez diye düşündüm. Kimyasal gübreler üst toprağı kaybetmemize sebep oluyor. Bu da gıda üretimini azaltıyor dedim. Sürdürülebilir tarım yaparsak ekonomik getiriye de artırır dedim.

Şöyle diyorum. Eğer toprak kalitesini bozmasak aslında ekonomik yönden bize daha çok getiri olabileceğini düşünüyorum. Çünkü sonuçta o toprak kalitesi bozulduğu zaman bir süre sonra biz hiç ürün elde edemeyiz o topraktan bir şekilde onu iyileştirmemiz gerekecek.

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada sürdürülebilir kalkınma için eğitim ve fen eğitimi kapsamında sistemsel düşünme becerilerinin kavram haritaları aracılığıyla nasıl ölçülebileceği ve değerlendirilebileceği ortaya koyulmuştur. İçeriği sürdürülebilir kaynak kullanımı olarak hazırlanan derste katılımcılar sürdürülebilirliğin sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarını ve bunların birbiriyle bağlantılı olduğunu fark edip, analiz edebilmişlerdir. Katılımcıların hepsi derste öğrendikleri konularla ilgili kavramları kullanmışlar yani sistemin bileşenlerini belirleyebilmişlerdir. Ders süresince katılımcıların kavram haritalarının daha fazla kavram ve bağlantılardan oluşması katılımcıların sistemsel düşünme becerilerini geliştirdikleri ortaya çıkarmaktadır. Raved ve Yarden (2014) benzer şekilde lise öğrencilerinin sistemsel düşünme becerilerini geliştirmek için hazırladıkları biyoloji dersinde biyolojik sistemlerle ilgili öğrencilerin sistemin bileşenlerini belirleyebildikleri ve bileşenler arasındaki bağlantıları ortaya koyabildiklerini gözlemlemişlerdir. Ders süresince kavram haritalarını geliştirdiklerini ortaya koymuşlardır. Buradan çıkarılacak sonuç, sistemsel düşünme becerilerini geliştirmek için hazırlanan derslerde öğrencilerin öğrenme süresince daha fazla kavram öğrendikleri ve bunlar arasındaki dinamik ilişkileri tanımlayabildikleri görülmektedir (Raved & Yarden, 2014).

Çalışmadan elde edilen başka bir bulgu ise bazı katılımcıların sistemin bileşenleri arasındaki bağlantıları yeteri kadar ifade edememiş olmalarıdır. Benzer şekilde sistemsel düşünme becerilerinin kavram haritaları yoluyla ölçülmesi konusunda son zamanlarda yapılan bir çalışmada Ateşkan ve Lane (2017) öğretmenlerin sistemsel düşünme becerilerini kavram haritaları yoluyla ölçerek ve öğretmenlerin büyük çoğunluğunun sistemin bileşenlerini belirleyebildiklerini ancak bağlantıları oluşturmada güçlük çektiklerini tespit etmişlerdir. Sistemin gizli bileşenlerini belirleyebilmek açısından ise birinci kavram haritasında dört katılımcı, ikinci kavram haritasında ise yedi katılımcı özellikle iklim değişikliği kavramını kullanmışlardır. İklim değişikliği derste özellikle anlatılmasa da katılımcıların sürdürülebilir kaynak kullanımı konusunu iklim değişikliğiyle bağlayabildikleri görülmektedir. Yine de katılımcıların bazıları gizli bileşenleri açık bir şekilde ifade edemedikleri tespit edilmiştir. Benzer şekilde Ateşkan ve Lane (2017) yaptıkları çalışmada öğretmenlerin sadece birkaçının kavram haritalarında gizli bileşenlere yer verdiklerini belirtmişlerdir.

Aynı zamanda bu çalışmada bazı katılımcılar kavram haritalarında karmaşık ve döngüsel ilişkiler göstermekte zorlanmışlardır. Tripto ve arkadaşları (2013) benzer şekilde lise öğrencileriyle yaptıkları çalışmada öğrencilerin sistemin bileşenlerini belirleyebilirken, bileşenler arasındaki ilişkileri ortaya koymada zorlandıklarını ifade etmişlerdir. Assaraf ve Orion (2005) ise öğrencilerin su döngüsü ile ilgili çizdikleri kavram haritalarında daha fazla kavram ve bileşenleri gösterebildikleri ancak hala bazı öğrencilerin kavramlar arasındaki bağlantıları göstermede zorluk yaşadıklarını belirtmişlerdir. Bunun nedeni okullarda ve üniversitelerde fen konularının birbirinden bağımsız, birbiriyle ilişkilendirilmeden öğretilmeye devam ediyor olması olabilir (Liu & Hymelo-Silver, 2009; Tytler, 2007). Bu nedenle sistemsel düşünme yapısının geliştirilmesi zaman almaktadır.

Çalışmadan elde edilen diğer bir sonuç ise katılımcıların her birinin kavram haritalarının farklı olmasıdır. Benzer kavramları kullanmış olsalar da kurdukları ilişkiler ve oluşturdukları şekiller farklıdır. Assaraf ve Orion (2004) bu durumu her bireyin bilişsel gelişiminin, deneyimlerinin ve bakış açılarının farklı olması ile açıklamaktadır. Bu nedenle sistemsel düşünme becerileri değerlendirilirken bireysel farklılıkların göz önüne alınması ve bireysel olarak sistemsel düşünme becerilerinin değerlendirilmesi önemlidir (Karaarslan, 2016).

Bu çalışmada özellikle sınıf dışı etkinlikler sonrasında katılımcıların sistemsel düşünme becerileri ölçülmüştür. Sürdürülebilir kalkınma için sınıf dışında eğitimin kişilerden sistemsel düşünme yeteneği kazanmalarında etkili olabileceğini çeşitli çalışmalar vurgulamaktadır (örn., Assaraf & Orion, 2005; 2010; Carney, 2011; Hill, 2012; Karaarslan & Teksöz, 2016; Keynan et al., 2014). Bu konuda daha fazla çalışma yapılarak öğrencilerin sistemsel düşünme becerilerini geliştirebilecek eğitim programları oluşturulmalı ve sınıf dışında öğrenme ortamları sağlanmalıdır.

Aynı zamanda sistemsel düşünme becerilerinin geliştirilmesi zaman alan bir süreç olduğu için uzun soluklu çalışmaların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. En az 1 dönem ve daha uzun zamana yayarak hazırlanan derslerde öğrencilerin sistemsel düşünme becerileri geliştirilebilir.

Bu çalışmanın ortaya koyduğu gibi kavram haritaları sistemsel düşünme becerilerinin ölçülmesinde etkili ve pratik bir yöntem olabilir. Assaraf ve Orion (2005, 2010); Tripto ve arkadaşları (2013)'ün vurguladığı gibi fen eğitiminde farklı konularda (yer bilimleri, biyoloji gibi) öğrencilere karmaşık, hiyerarşik olmayan kavram haritaları çizdirilebilir ve sistemsel düşünme becerileri ölçülebilir. Sistemsel düşünme eğitimi Türkiye için yeni gelişen bir alan olduğundan dolayı bu çalışmanın bundan sonraki çalışmalara önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir. Çalışmada geliştirilen rubrik sistemsel düşünme becerilerinin değerlendirilmesinde fen eğitiminde farklı konularla (örn, doğal döngüler, iklim değişikliği) yapılan çalışmalarda da kullanılabilir. Çalışmanın başında verilen sistemsel düşünme becerileri ölçüt alınarak bu becerilerin geliştirilebileceği öğrenme ortamları hazırlanabilir. Örneğin, öğretmen eğitiminde fen öğretimi, çevre bilimi, çevre ve sürdürülebilirlik için eğitim derslerinde sistemsel düşünmeyi geliştirecek uygulamalar yapılabilir.

Bu çalışmanın sınırlılıkları ise nitel çalışma olması nedeniyle sadece dersi alan 8 öğretmen adayıyla yapılmış olmasıdır. Kavram haritası tekniği ile daha kalabalık sınıflarda öğrencilerin sistemsel düşünme becerileri ölçülebilir. Diğer bir sınırlılık ise öğretmen adaylarının ders bittikten haftalar ya da aylar sonra sistemsel düşünme becerilerinin değişip değişmediğinin ölçülmemesidir. Daha uzun soluklu çalışmalar yapılarak sistemsel düşünme becerilerinin gelişimine bakılabilir. Sonuç olarak bu çalışma sistemsel düşünme becerilerinin belirlenmesi ve ölçülmesi açısından gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutabilir.

Kaynakça

- Assaraf, O. and Orion, N. (2005). The development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 1-43. doi: 10.1002/tea.20061
- Assaraf, O. & Orion, N. (2010). System thinking skills at the elementary school. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(5), 540-563. doi:10.1002/tea.20351
- Ateşkan, A. & Lane, F. J. (2017). Assessing teachers' systems thinking skills during a professional development program. *Journal of Cleaner Production*, 4338-4356. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.094>
- Booth -Sweeny, L., & Sterman, J. D. (2000). Bathtub dynamics: Initial results of a systems thinking inventory. Erişim Tarihi 20.07.2017 <http://web.mit.edu/jsterman/www/Bathtub.pdf>
- Brandstädter, K., Harms, U., & Grossschedl, J. (2012). Assessing system thinking through different concept-mapping practices. *International Journal of Science Education*, 34(14), 2147-2170. doi: 10.1080/09500693.2012.716549
- Capra, F. (2002). *The hidden connections*. Newyork, Doubleday.
- Capra, F. (2005). Speaking nature's language: Principles for sustainability. In Stone M. K., & Barlow, Z. (Eds.), *Ecological Literacy. Educating our children for a sustainable world* (pp. 18-29). CA: Sierre Club Books.
- Capra, F. (1999). *Ecoliteracy: The challenge for education in the next century*. Liverpool Schumacher Lectures, 20.
- Capra, F., & Luisi, P. L. (2014). *The systems view of life: A unifying vision*. UK: Cambridge University Press.
- Carney, J. (2011). Growing our own: A case study of teacher candidates learning to teach for sustainability in an elementary school with a garden. *Journal for Sustainability Education*.
- Carter, L. (2008). Globalization and science education: Implications of science in the new economy. *Journal of Research in Science Teaching* 45(5), 617- 633. doi:10.1002/tea.20189.
- Choi, K., Lee, H., Shin, N., Kim, S. W., & Krajcik, J. (2011). Re-conceptualization of scientific literacy in South Korea for the 21st century. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(6), 670-697. doi 10.1002/tea.20424
- Colucci-Gray, L., Perazzone, A., Dodman, M., & Camino, E. (2013). Science education for sustainability, epistemological reflections and educational practices: From natural sciences to trans-disciplinarity. *Cultural Studies of Science Education*, 8(1), 127-183. 7-183. doi 10.1007/s11422-012-9405.
- Connell, K. Y. H., Remington, S. M., & Armstrong, C. M. (2012). Assessing systems thinking skills in two undergraduate sustainability courses: a comparison of teaching strategies. *Journal of Sustainability Education*, 3(3).
- Feldman, A., & Nation, M. (2015). Theorizing sustainability: An introduction to science teacher education for sustainability. In S.K. Stratton, R. Hagevik, A. Feldman, M. Bloom (Eds.). *Educating science teachers for sustainability*, (pp.3-13), USA: Springer.
- Foley, R. W., Archambault, L. M., & Warren, A. E. (2015). Building sustainability literacy among pre-service teachers: An initial evaluation of sustainability course designed for K-8 educators. In S.K. Stratton, R. Hagevik, A. Feldman, M. Bloom (Eds.). *Educating science teachers for sustainability*, (pp.49-67), USA: Springer.
- Gough, A. (2008). Towards more effective learning for sustainability: Re-conceptualizing science education. *The Journal of the International Association for the Advancement of Curriculum Studies*, 5(1), 32-50.
- Hargens, S. (2005). Integral ecology: The what, who, and how of environmental phenomena. *World futures*, 61(1-2), 5-49. doi: 10.1080/02604020590902344

- Hill, A. (2012). Developing approaches to outdoor education that promote sustainability education. *Australian Journal of Outdoor Education*, 16(1), 15-27.
- Janetti, A. J. (2012). *A representation: Incorporating a needs assessment and gap analysis into the educational design*. Pitman: NJ.
- Karaarslan, G., & Teksöz, G. (2016). Integrating sustainable development concept into science education program is not enough. We need competent science teachers for education for sustainable development-Turkish experience". *International Journal of Environmental and Science Education* 11(15), 8403-8425
- Karaarslan, G., (2016). *Science Teachers as ESD Educators: An Outdoor ESD Model for Developing Systems Thinking Skills* (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Middle East Technical University, Turkey.
- Keynan, A., Assaraf, O. B. Z., & Goldman, D. (2014). The repertory grid as a tool for evaluating the development of students' ecological system thinking abilities. *Studies in Educational Evaluation*, 41, 90-105. doi.org/10.1016/j.stueduc.2013.09.012
- Liu, L., & Hmelo-Silver, C.E. (2009). Promoting complex systems learning through the use of conceptual representations in hypermedia. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 1023-1040. doi.10.1002/tea.20297
- McKeown, R. (2002). ESD toolkit. Erişim tarihi 15.05.2017 <http://www.esdtoolkit.org/>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd Ed.). Thousand Oaks: Sage Publications
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB] (2018). *Fen bilimleri dersi (3,4,5,6,7 ve 8. sınıflar) öğretim programı*. Ankara.
- Moseley, C., Desjean-Perrotta, B., & Kharod, D. (2015). Sense of place: Is it more than a connection to a physical place?. In S.K. Stratton, R. Hagevik, A. Feldman, & M. Bloom (Eds). *Educating science teachers for sustainability*, (pp.31-48), USA: Springer.
- National Research Council [NRC] (2012). *A framework for K-12 Science Education: Practices, cross-cutting concepts, and core ideas*. Retrieved from <http://www.nap.edu/catalog/13165/a-framework-for-k-12-science-education-practices-crosscutting-concepts> Association. Erişim tarihi 10.05.2017 <http://www.nsta.org/preservice/2003stds.aspx>
- Nolet, V. (2009). Preparing sustainability literate teachers. *The Teachers College Record*, 111(2), 409-442.
- O, Brien, G., & Sparrow, K., Morales, J., & Clayborn, J. (2015). Re-orienting a science methods course to prepare sustainability literate K-6 pre-service teachers. A mixed methods investigation. In S.K. Stratton, R. Hagevik, A. Feldman, M. Bloom (Eds). *Educating science teachers for sustainability*, (pp.205-234), USA: Springer.
- Novak, J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 937-949
- Palmberg, I., Holfman-Bergholm, M., Jeronen, e., & Panula, E. Y. (2017). Systems thinking for understanding sustainability? Nordic student teachers' views on the relationship between species identification, Biodiversity and sustainable development. *Education Sciences*, 7(72), 1-18.
- Raved, L., & Yarden, A. (2014). Developing seventh grade students' systems thinking skills in the context of the human circulatory system. *Frontiers in public health*, 2, 260. doi:10.3389/fpubh.2014.00260
- UNECE (2011). *Learning for the future. Competences in education for sustainable development*. Switzerland: UNECE.
- UNESCO (2004). *United Nations decade of education for sustainable development 2005-2014. Draft implementation scheme*. Paris: UNESCO.
- UNESCO (2005). *United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014): International Implementation Scheme*. Paris, UNESCO.
- Safayeni, F., Derbentseva, N., & Canas, A. J. (2005). Concept maps: A theoretical note on concepts and the need for cyclic concept maps. Retrieved from Institute for Human and Machine Cognition Web site: <http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/Cyclic%20Concept%20Maps.pdf>.
- Semken, S., & Freeman, C. B. (2008). Sense of place in the practice and assessment of place-based science teaching. *Science Education*, 92(6), 1042-1057. doi. 10.1002/sce.20279
- Senge, P. (2006). *The fifth discipline: the art and practice of the learning organization*. New York: Doubleday/Currency, 1990c.
- Sleurs, W. (2008). *Competences for education for sustainable development (ESD) teachers. A framework to integrate ESD in the curriculum of teacher training institutes*. Belgium: Comenius 2.1 Project.
- Sterling, S. (2004). Higher education, sustainability, and the role of systemic learning. In P. B. Corcoran & A. Wals (Eds.). *Higher education and the Challenge of Sustainability: Problematics, Promise and Practice* (pp.49-70). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Sterling, S., Maiteny, P., Irving, D., & Salter, J. (2005). Linking thinking: New perspectives on thinking and learning for sustainability. Scotland, WWF.

- Sterling, S. (2009). Ecological intelligence. In A. Stibbe (Eds.). *The handbook of sustainability literacy: Skills for a changing world* (pp. 77-83). Devon: Green Books Ltd.
- Stratton, S. K., Hagevik, R., Feldman, A. & Bloom, M. (2015). Toward a sustainable future: The practice of science teacher education for sustainability. In S.K. Stratton, R. Hagevik, A. Feldman, M. Bloom (Eds.). *Educating science teachers for sustainability*, (pp.445-458), USA: Springer
- Tilbury, D. and Cooke, K. (2005). *A National review of environmental education and its contribution to sustainability in Australia: Frameworks for sustainability*. Canberra: Australian Government Department of the Environment and Heritage and Australian Research Institute in Education for Sustainability.
- Tripto, J., Assaraf, O. B. Z., & Amit, M. (2013). Mapping what they know: Concept maps as an effective tool for assessing students' systems thinking. *American Journal of Operations Research*, 3, 245-258.
- Tytler, R. (2007). *Re-imagining science education. Engaging students in science for Australia's future*. Australian Education Review. Camberwell, Vic: Australian Council for Educational Research
- Yin, Y., Vanides, J., Ruiz-Primo, Ayala & Shavelson (2005). Comparison of two concept-mapping techniques: Implications for scoring, interpretation, and use. *Journal of Research in Science Teaching*, 42 (2), 166-184.
- Yin, R. K. (2009). *Case study research design and methods* (4rd ed.). California: Sage publications.