



STEM Temelli Çevreci Sifon Etkinliği Uygulamasından Yansımalar

Sadık USLU*, Burçak BOZ YAMAN**

• **Geliş Tarihi:** 30.08.2020 • **Kabul Tarihi:** 18.05.2021 • **Çevrimiçi Yayın Tarihi:** 24.05.2021

Öz

Bu araştırmada bir STEM projesi olarak ele alınan “Çevreci Sifon Etkinliği” uygulanmış olup bu uygulamaya dayalı sonuçlar incelenmiştir. Ege Bölgesinde bulunan bir ortaokulun 7. sınıfında öğrenim görmekte olan 26 öğrenci çalışmanın katılımcılarını oluşturmaktadır. Çalışmada nitel araştırma desenlerinden durum çalışmasından faydalanılmıştır. Çalışmada nitel değerlendirmeler için katılımcıların ders işlenişi esnasında kullandıkları çalışma kağıtları doküman incelemesi ile incelenmiş olup, nicel değerlendirmeler için 3 farklı rubrikten yararlanılarak frekans analizleri uygulanmıştır. Araştırmada öğrencilerin atık suyun yeniden kullanımına ilişkin bir mühendislik tasarımı ortaya çıkararak süreçte matematiksel becerilerini etkili bir şekilde kullanmaları beklenmiştir. Ancak öğrencilerin matematiksel akıl yürütme ve matematiksel sonuçların anlamlılıklarını değerlendirmede sorunlar yaşadığı tespit edilmiştir. Bunun yanında mühendislik tasarımlarını oluştururken fen bilimleri kavramlarını etkili kullandıkları ve malzeme bilgisine dair farkındalık geliştirdikleri gözlemlenmiştir.

Anahtar sözcükler: STEM etkinliği, evsel sıvı atıklar, sürdürülebilir kalkınma eğitimi, fen bilimleri.

Atıf:

Uslu, S. ve Boz Yaman, B. (2021). STEM temelli çevreci sifon etkinliği uygulamasından yansımalar. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 53, 457-494. doi: 10.9779/pauefd.787908

* Öğretmen, Milli Eğitim Bakanlığı, ORCID ID: 0000-0003-1175-277X, sadikuslu48@gmail.com

** Doç. Dr., Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi, ORCID ID: 0000-0002-0922-3652, burcak@mu.edu.tr

Giriş

Teknolojinin hızla geliştiği günümüzde meslek grupları farklılaşırken bu meslek gruplarının bireylerden beklediği donanımlar da değişmektedir. Bu beklentilerden biri de bir konuda yoğunlaşıp onun uzmanı olmak yerine birden fazla disiplini bir araya getiren alanlarda uzmanlık elde etme olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle de son yıllarda fen, matematik, mühendislik ve teknoloji (STEM) eğitiminin öneminin arttığı gözlemlenmiştir (Becker ve Park, 2011; Manly, Wells ve Kommers, 2018). Öğrencilerin STEM alanlarına ilgisini arttırmak, yeni nesli bu alanlarda eğitim almaya yöneltmek ve gelecekte STEM işgücüne katılmalarını sağlamak STEM eğitiminin amaçlarından biridir (DeCoito ve Myszkal, 2018; Kennedy ve Odell, 2014). Yirmi birinci yüzyılda ulusların STEM işgücüne oldukça ihtiyaç duyacağı birçok araştırmacı tarafından öngörülmektedir (Corlu, Capraro ve Capraro, 2014; English, King ve Smeed, 2017). Nitekim ülkemizin de 21. yüzyılda küresel ekonomide rekabet edebilmesi için STEM alanlarında çalışacak işgücüne ihtiyaç duyulacağı vurgulanmıştır (Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği [TÜSİAD], 2017).

Çorlu ve Çallı (2017) STEM eğitimini merkezde bulunan disipline ait özel bilgi ve becerilerin diğer STEM disiplinleri ile bütünleştirilerek öğretimin gerçekleştirilmesi olarak tanımlamaktadır. Merkezde bulunan disiplinin yapısı gereği ilgili disiplinin temel unsurlarını içinde daha çok bulduran STEM uygulamalarında S yani fen ağırlıklı çalışmalarda öğrencilerin bir deneyi tasarlamaları ve deneyin gereklilikleri olan föy oluşturma gibi basamakları kendilerinin gerçekleştirmeleri beklenmektedir. Benzer şekilde STEM’de yer alan T yani teknoloji ise öğrencilerin teknolojiyi aktif şekilde kullanmalarının yanı sıra özellikle kodlama gibi yazılım unsurlarını da kendilerinin oluşturmaları, hazırda bulunan kod listelerini yeniden tasarlayabilmeleri ve sürece kendi katkılarına yapmaları şeklinde ortaya çıkmaktadır. STEM’in E’si olan mühendislik tasarımında ise temel hedef öğrencilerin çalışan prototipler geliştirmeleridir. Buna örnek olarak Donna (2012) ile English ve King (2015) çalışmalarında öğretmenlere ve 4. sınıf öğrencilerine tasarımlarını sağladıkları roket ve kağıt uçak gösterilebilir. Son olarak da STEM’de yer alan M ise matematiği temsil etmekte olup STEM etkinliklerinde matematiksel işlemler yapmanın ötesinde matematiksel model oluşturmayı gerektirmektedir. Matematiksel modelleme ise günlük yaşam problemini matematikleştirerek bir matematiksel model oluşturmayı bu model ile çözümlenmeyi ve matematiksel çözümlerin günlük yaşam problemine uygunluğunu test etmeyi kapsamaktadır (Lesh ve Doerr, 2003). Bu bağlamda matematiksel model olarak ele alınabilecek unsurlar bir

formül veya denklem olabildiği gibi tablo oluşturmak, grafik çizmek ya da ilişkileri gözlemleyebilmek adına örüntüler oluşturmak da olabilir.

STEM eğitimi, doğası gereği disiplinlerarası olup, öğrencilerin problemlere disiplinlerarası bakış açısıyla bakmasını, bütüncül bir eğitim yaklaşımıyla bilgi ve beceri kazanmasını hedefler (Holmlund, Lesseig ve Slavitt, 2018). STEM eğitimi ile konu içeriği ve gerçek yaşam problemleri arasında bağlantı kurularak öğrencilerin bilgiyi farklı disiplinlere aktarabilmeleri sağlanabilir (Kennedy ve Odell, 2014; Margot ve Kettler, 2019; Stohlmann, Moore ve Roehrig, 2012). Bununla birlikte STEM eğitimi formal ve informal ortamlarda okul öncesinden lisansüstü eğitim seviyelerine kadar eğitim faaliyetlerini kapsamaktadır (Gonzalez ve Kuenzi, 2012). STEM eğitimi yaklaşımıyla araştıran, sorgulayan, eleştirel ve analitik düşünen, problem çözme ve karar verme becerilerine sahip bir neslin yetiştirilmesi; ayrıca yetenekli öğrencilerin üniversitelerin bilim, matematik, mühendislik ve teknoloji alanlarına yönlendirilmesinin amaçlandığı belirtilmektedir (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2016). Amerika Birleşik Devletlerinde 2013 yılında yayınlanan “Yeni Nesil Fen Standartları” (Next Generation Science Standards) adlı öğretim programında STEM eğitiminin altı çizilerek bu eğitimin okul öncesinden başlayarak ortaokul ve lisede devam etmesine yönelik eylem planları sunulmuştur (NGSS, 2013). Ülkemizde de 2018 yılında yenilenen Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programında STEM eğitimi vurgulanmış ve alana özgü beceriler başlığı altında bilimsel süreç becerileri ve yaşam becerilerinin yanında ilk defa mühendislik ve tasarım becerileri yer almıştır (MEB, 2018).

Eğitmciler ve araştırmacıların STEM eğitiminin önemini farkında olmalarına rağmen bu eğitimin nasıl olması gerektiği konusunda görüş birliği bulunmamaktadır (Wang, Moore, Roehrig ve Park, 2011). Örgün eğitimde STEM disiplinlerinin ayrı ayrı öğretimi yapılmakta olup mühendislik dersleri bulunmamaktadır (Bozkurt-Altan, Yamak ve Buluş-Kırıkkaya, 2015). Ancak mühendislik uygulamalarının diğer STEM disiplinleri ile entegre edilmesi, mühendislik ve tasarım becerilerinin öğrencilere kazandırılması ve hedeflenen bütüncül öğrenmenin gerçekleştirilmesinde önemli bir yer tutmaktadır. STEM öğrencilere parçaları öğrenmek yerine gerçek bir yaşam problemiyle bütünsel öğrenmeyi deneyimleme fırsatı sunar. STEM programı ile öğrenciler matematik, fen ve mühendislik bilgilerini

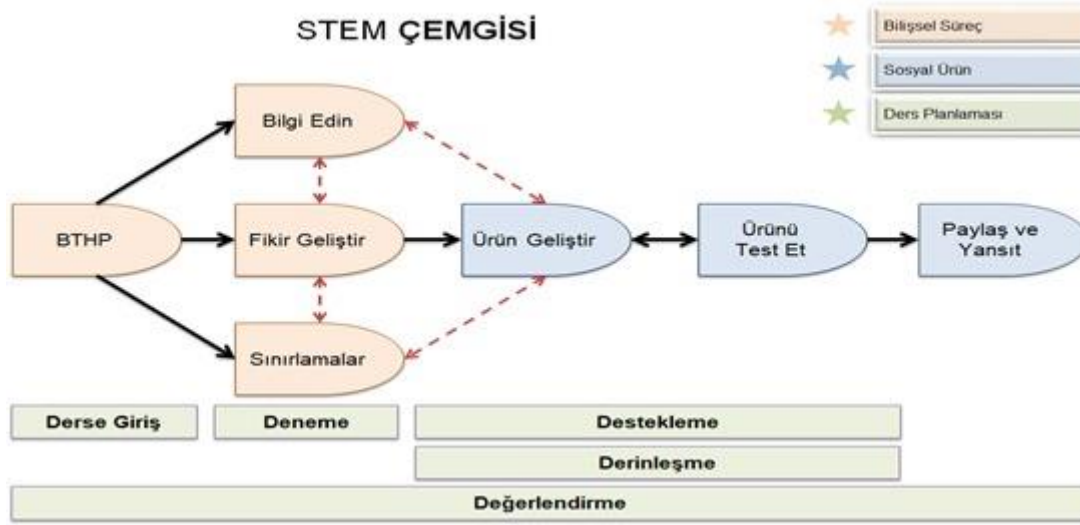
uygulamalı, deneyler tasarlamalı ve yürütmeli, verileri analiz etmeli ve yorumlamalı, takımlarla iletişim kurmalı ve işbirliği yapmalıdır (Wang ve diğerleri, 2011).

Margot ve Kettler (2019) tarafından ilkökul, ortaokul ve lise düzeyinde etkili STEM eğitimi için altı ana prensibi içeren çerçeve önerilmiştir. Söz konusu çerçevede (a) matematik ve fen kazanımlarının dahil edilmesi, (b) öğrenci merkezli pedagoji, (c) derslerin ilgi çekici ve öğrenmeye teşvik edici bağlamda olması, (d) mühendislik tasarımını içermesi, (e) öğrencilerin hata yapmayı öğrenmesi ve (f) ekip çalışması vurgulanmaktadır (Margot ve Kettler, 2019).

Ülkemizde STEM'in eğitim sürecine bütünleşmesini zorlaştıran en önemli faktörler fen bilimleri ve matematik dersinin ayrı ayrı öğretiminin yapılması, mühendislik uygulamalarının ders olarak bulunmaması ve okullarda merkezi programın uygulanması gösterilebilir. Halbuki her dersin içerik bilgisinin diğer STEM disiplinlerinin ilkeleri ve uygulamalarıyla bütünleştirilerek STEM eğitimi gerçekleştirilebilir. Bu bütünleştirmeye yönelik olarak Çorlu ve Çallı (2017) tarafından STEM eğitiminin fen bilimleri ve matematik öğretmenlerinin sınıflarında uygulanabilmesi için bu derslerin süreçlerinin açıklandığı "STEM Çemgisi"¹ önerilmektedir. Çorlu ve Çallı'ya (2017) göre STEM Çemgisi bilişsel süreç, sosyal ürün ve ders planlaması alanlarından oluşmaktadır. Bilişsel süreç; bilgi temelli hayat problemi (BTHP), bilgi edinme, fikir geliştirme ve sınırlamalardan oluşur. Sosyal ürün aşaması ürünü geliştirme, ürünü test etme, paylaşma ve yansıtmayı içermektedir. Ders

¹ Çemgi: İngilizcede "Cycline" olarak kullanılan kelime yerine tercih edilen ve döngü anlamına gelen kelimedir.

planlaması ise derse giriş, deneme, destekleme, derinleşme ve değerlendirme aşamalarından oluşur. Bu aşamalar aşağıdaki görselde özetlenmiştir.



Şekil 1. Çorlu'dan (2017) adapte edilen STEM Çemgisi

STEM çemgisi bu araştırmada oluşturulan etkinliği uygulama sürecinde yol gösterici olmuştur. BTHP olarak çevreci sifon etkinliği oluşturulmuş bu etkinlik öğrencilerin kendi yaşamlarından gözlemler yapmalarını sağlayacak aşamaları kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu aşamaların detayları bir sonraki bölümlerde verilmiştir.

Son yıllarda STEM eğitimi ile bütünleştirilmesi önerilen bir başka alan sürdürülebilir kalkınma eğitimidir (Kuvaç, 2018). Doğal kaynakların tükenmesi ve çölleşme, kuraklık, arazi bozulması, tatlı su kıtlığı, biyolojik çeşitlilik kaybı ve iklim değişikliği dahil olmak üzere çevresel bozulmanın olumsuz etkileri, insanlığın son yıllarda yüz yüze olduğu problemlerdendir (United Nations [UN], 2015). Hızla artan çevresel bozulmalar bir dizi küresel ekonomik, çevresel, sosyal ve kültürel değişimlere yol açmıştır. Sürdürülebilir kalkınma, “bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılama” olarak tanımlanmaktadır (World Commission on Environment and Development [WCED], 1987). Sürdürülebilir kalkınmanın, birbirleriyle karşılıklı bağlantıları olan ve iç içe geçmiş çevresel, ekonomik ve sosyo-kültürel boyutları bulunmaktadır. Sürdürülebilir kalkınmayı hayata geçirebilmek için eğitim süreçleri kritik önem taşımaktadır (Barth ve Rieckmann, 2012). Sürdürülebilir kalkınma eğitiminde öğrencilerin sürdürülebilirlik ile ilgili bilişsel, duyuşsal ve davranışsal alanlarda bilgi, beceri, tutum ve değerleri edinmesi amaçlanır (Cebrian ve Junyent, 2015). Sürdürülebilir kalkınma eğitimi disiplinler arası olup, öğrenme ortamlarında öğrenci merkezli yöntemlerin hakim

olmasını gerektirir. UNESCO tarafından 2018 yılında yayınlanan rapora göre, sürdürülebilir kalkınma eğitimi ile uyumlu temel öğrenme süreçleri, işbirliği ve iletişim, bütüncül yaklaşım, yenilikçilik, aktif ve katılımcı öğrenmedir. Bu tür öğrenme süreçlerinde kullanılacak eğitim yaklaşımlarından birisi de STEM'dir. STEM eğitimi ile öğrencilerin gerçek yaşam problemlerini disiplinler arası ve bütüncül yaklaşımla ele alması, bu yönde bilgi ve beceri kazanması sürdürülebilir kalkınma eğitimini destekler niteliktedir. İklim değişikliği, küresel ısınma, buzulların erimesi, hava kirliliği, biyolojik tür kaybı gibi küresel olarak bütün dünyayı etkileyen zorluklara yanıt vermede ve kompleks sürdürülebilirlik problemleri ile başa çıkmada bireylerin STEM bilgisinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır (Tikly, Joubert, Barrett, Bainton, Cameron ve Doyle, 2018).

Candan-Helvaci ve Helvaci (2019) tarafından 18 ortaokul öğrencisiyle yapılan çalışmada STEM temelli çevre eğitimi etkinliği uygulanmıştır. Çalışma sonunda STEM disiplinleri, çevresel farkındalık ve STEM temelli çevre eğitimi etkinliklerine yönelik öğrenci görüşlerinin olumlu olduğu belirtilmiştir. Kuvaç (2018) tarafından öğretmen adaylarıyla yapılan çalışmada STEM temelli çevre eğitiminin fen bilimleri öğretmen adaylarının çevresel bilgi, çevresel tutum, çevre dostu davranış, 21. yy öğrenimine yönelik tutum ve STEM'e yönelik algılarına istatistiksel olarak anlamlı katkı sağladığı belirtilmiştir. Benzer şekilde Özçakır-Sümen ve Çalışıcı (2016) tarafından 42 öğretmen adayı ile yapılan çalışmada, çevre eğitimi dersinde toplam altı STEM etkinliği uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda öğretmen adayları tarafından yapılan zihin haritalarının incelenmesiyle, öğretmen adaylarının STEM eğitimine ilişkin zengin bir kavramsal yapıya sahip oldukları ve STEM alanlarını hem birbirleriyle hem de çevre eğitimi ile ilişkilendirdikleri belirtilmiştir.

Smith ve Watson (2016) tarafından yapılan alanyazın taramasında STEM eğitimi ile sürdürülebilirlik eğitiminin bütünleştirilmesi tartışılmış, bireylerin ekonomik veya uluslararası rekabete dayalı sürdürülebilirlik sorunlarını ve çevre sorunlarını çözmek için STEM bilgi ve becerilerini uygulayacakları öne sürülmüştür. Nguyen, Nguyen ve Tran (2020) yaptıkları çalışmada ortaokulda STEM disiplinlerinde görev yapan 635 öğretmenle görüşmeler gerçekleştirmiş, öğretmenlerin kirlilik, sürdürülebilir tüketim ve üretim, enerji ve su tasarrufu gibi gerçek yaşamdaki sürdürülebilirlik sorunlarını ele almak için STEM eğitimini kullanmak istediğini belirtmiştir. Suh ve Han (2019) tarafından 42 üniversite öğrencisi ile yapılan çalışmada, matematik derslerinde altı hafta boyunca uygulanan matematiksel modelleme ile bir STEM projesinin sürdürülebilirlikle ilgili öğrenci yetkinliklerini nasıl etkilediği araştırılmıştır. Yapılan çalışmada öğrencilerin mevcut

problemleri tanımak, gelecekteki toplumsal değişimleri tahmin etmek, mevcut ve gelecek nesillerin ihtiyaçlarını dengelemek için olası çözümleri belirlemek için matematiksel modelleme ve STEM projesinin faydalı olduğunu algıladıkları belirtilmiştir.

Yukarıda kısaca özetlenen alanyazın taramasında sürdürülebilir kalkınma eğitiminin STEM ile bütünleştirilmesiyle, sürdürülebilir bir yaşam hedefine ulaşmak için bireylerin STEM bilgi ve becerilerini; mevcut sürdürülebilirlik problemlerinin veya gelecekte ortaya çıkabilecek ekonomik, çevresel ve sosyal problemlerin çözümünde kullanması beklenmektedir (Nguyen ve diğerleri, 2020; Smith ve Watson; Suh ve Han, 2019, 2016). Ayrıca STEM eğitimi ile bireylerin çevresel bilgi edinmesi, çevreye yönelik olumlu tutum ve çevre dostu davranış geliştirmesi vurgulanmaktadır (Candan-Helvaci ve Helvaci, 2019; Kuvaç, 2018; Özçakır-Sümen ve Çalışıcı, 2016).

Sürdürülebilirlik ve çevre problemlerinin temelde toplum ve gerçek dünya ile ilgili olduğu için STEM çalışmalarının öğrenciler için büyük etkisinin olabileceği belirtilmiş, öğretmenlerin sürdürülebilir kalkınma eğitimi ile bütünleştirilen STEM ders planları hazırlaması ve öğrencilerin gruplar halinde nasıl etkileşimde bulunduğu incelenmesi alanyazında önerilmektedir (Suh ve Han, 2019). Bu nedenle bu çalışmada ortaokul öğrencileri için sürdürülebilir kalkınma eğitimi temel alan ve içerisinde bir STEM etkinliğini barındıran ve STEM'in S'sini, M'sini, E'sini ön plana çıkartan bir dersin uygulanması ve bu sürecin incelenmesi hedeflenmiştir. Temiz suya erişim sorunu son yıllarda tüm dünyanın en önemli konuları arasında yer almaktadır. Giderek azalan su kaynakları ve değişen doğa dengeleri nedeniyle temiz su kaynakları giderek azalmakta azalan temiz suya erişim konusunda da adaletsiz bir dağılım ile dünya halkları karşı karşıya kalmaktadır (UN, 2015). Bu nedenle yeni neslin sürdürülebilir kalkınmaya, bu bağlamda da temiz suya dair kavrayışlarına yönelik çalışmalar yapılmalı ve özellikle eğitim yoluyla suyu koruma ve sürdürülebilir kalkınmaya katkıda bulunmayı öğretmek ve bunu içselleştirmelerini sağlamak zorundayız. Dünya üzerindeki yaşamın ve gelecek nesillerin doğal kaynaklara yönelik kıtlık yaşamaması ve yaşanılabilir bir dünya geride bırakmak için bu eğitimleri en etkili yollarla vermek öğretmenlerin, eğitimcilerin ve ailelerin görevi olmalıdır.

Bu etkinliğin uygulama sürecinde öğrencilerin deneyimleri incelenmiştir. Bu nedenle araştırmanın hedefi bir STEM etkinliğinin uygulama sürecinde öğrencilerin başarılarını, suyun önemine dair farkındalıklarını, tasarım ürünlerini çizme ve ortaya çıkarma aşamalarını değerlendirmektir. Bu bağlamda da araştırmaya yön veren sorular STEM çemgisi basamakları

temel alınarak 4 aşama (araştırma sorusu aşaması, deney ve gözlem aşaması, mühendislik ve tasarım aşaması, ürün ve sunum aşaması) olarak belirlenmiştir: Araştırma sorusu aşamasında STEM çemgisinin BHTP süreci temel alınmıştır. Bir günlük yaşam durumunu incelemeleri beklenen bu aşamada öğrencilere bazı gözlem soruları verilmiş ve bu soruları gözlemleri doğrultusunda cevaplamaları beklenmiştir. Bu aşamada öğrenciler gözlemler yaparken öğretmenin de öğrencilerin gözlemlerini yönlendirmesi ve sorgulaması beklenmektedir. “Araştırma sorusu aşaması”na yönelik olarak belirlenen sorular aşağıdadır:

Araştırma sorusu aşaması:

1. Bilgi Temelli Hayat Probleminde yer alan araştırma sorularında öğrencilerin temiz suyun canlılar için önemi ile ilgili yorumları nelerdir?
2. Bilgi Temelli Hayat Probleminin araştırma sürecinde öğrencilerin araştırma (bilgi edinme) rubriği² üzerinden başarı durumları nedir?
3. Bilgi Temelli Hayat Probleminin çözümünde gerekli olan bilgiye dair öğrenci farkındalıkları nasıldır?

STEM çemgisinin Bilgi edinme, Fikir Geliştirme ve Sınırlamalar olarak belirlenen aşamasında ise öğrencilerin araştırma sorusunu inceleyerek elde ettikleri bilgileri bir bağlam içinde anlamlandırmaları beklenmektedir. Öğretmen tarafından hazırlanan ortamlarda öğrencilerin kontrollü gözlemler ve deneyler yapmaları beklenen bu aşamada gruplar şeklinde çalışan öğrencilerin deney sonuçlarını sistematik olarak kaydetmeleri ve matematiksel verileri değerlendirmeleri gerekmektedir. Bu aşamaya yönelik olarak araştırma problemleri aşağıda verilmiştir:

Deney ve gözlem aşaması:

4. Bilgi Temelli Hayat Probleminin incelenmesi sürecinde gerçekleştirilen gözlem ve deney aşamalarında öğrenciler gözlem sonuçlarını matematiksel olarak nasıl anlamlandırmakta ve deney sonuçlarını nasıl rapor etmektedirler?
5. Deney ve gözlem aşamalarında öğrencilerin matematiksel başarıları nasıldır?

STEM çemgisinin “Ürün Geliştir” aşamasında öğrencilerden mühendislik tasarımı oluşturmaları beklenmektedir. Öğretmen öğrencilerinin tasarımı oluşturma süreçlerini aşamalandırarak öncelikle tasarımlarının taslak çizimlerini daha sonra da ölçeklendirilmiş

² Çorlu ve Çallı (2017, s. 236) bilgi edinme rubriği kullanılmıştır.

yani asıl ürünün belli oranlarda küçültülmüş versiyonunu çizmelerini beklemektedir. Bu aşamaya yönelik olarak tasarlanan araştırma soruları da aşağıdadır:

Mühendislik ve tasarım aşaması:

6. Bilgi Temelli Hayat Probleminin çözümünün mühendislik ve tasarım aşamasında öğrencilerin tasarımlarına yönelik ortaya koyduğu taslak ve ölçekli çizimler nasıldır?

7. Öğrencilerin taslak ve ölçekli çizimlerinde dikkat ettikleri veya gözden kaçırdıkları hususlar nelerdir?

STEM çemgisinin “Test et, Paylaş ve Yansıtma” aşamaları çalışmada ürün ve sunum aşaması olarak ele alınmış olup bu aşamada öğrencilerin geliştirmiş oldukları prototipleri test etmeleri ve başarılı prototiplerin belirlenmesi beklenmektedir. Gruplar prototiplerinin çalışma sistemini diğer arkadaşlarına sunum yaparak anlatıp paylaşırken öğretmen de bu süreci gözlem formları ile değerlendirerek başarılarını belirlemektedir. Bu bağlamda araştırmanın problemleri aşağıdaki gibidir:

Ürün ve sunum aşaması:

8. Bilgi Temelli Hayat Probleminin ürün ve sunum aşamasında öğrencilerin ortaya koyduğu ürünlerin oluşturulması ve sunumuna dair öğrencilerin başarıları nasıldır?

Yöntem

Araştırmanın Deseni

Bu çalışma nitel araştırma yaklaşımı ile gerçekleştirilmiş olup durum çalışması deseninden faydalanılmıştır. Durum çalışması, güncel bir olguyu kendi yaşam çerçevesi içinde çalışan ve birden çok veri kaynağının bulunduğu durumlarda kullanılan araştırma yöntemidir (Yin, 2012). Çalışmada katılımcıların ders işlenişi esnasında kullandıkları çalışma kağıtları ve araştırmacının alan notları üzerinde doküman incelemesi yapılmıştır. Doküman incelemesi kapsamında araştırılması hedeflenen olgu veya olgular hakkında bilgi içeren tüm yazılı materyallerin analizi yer almaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2008). Buna ek olarak katılımcıların süreçlerinin değerlendirildiği rubriklerden elde edilen verilerin analizinde nicel yaklaşımlardan yararlanılmıştır. Araştırmanın nitel boyutunda yapılan incelemelerde analiz birimi olarak öğrencilerin oluşturduğu gruplar temel alınmıştır.

Çalışma Grubu

Bu ders planının pilot uygulaması 20 öğrenci ile 2016-2017 öğretim yılı bahar yarıyılında yapılmış, ders planı yeniden gözden geçirildikten sonra asıl çalışma 2017-2018 öğretim yılı bahar yarıyılında yapılmıştır. Araştırmanın katılımcıları uygunluk örnekleme yöntemi (Fraenkel ve Wallen, 1996) esas alınarak seçilmiştir. Fen Bilimleri öğretmeni olan birinci yazarın öğretmenlik yaptığı okulda dersine girdiği 7. sınıf öğrencileri çalışma grubu olarak belirlenmiştir. Belirlenen öğrencilere çalışmadan bahsedilerek çalışmaya katılmaya dair beyanları alınmıştır. Öğrencilerin velileri bir veli toplantısında bilgilendirilmiş ve onlara çalışma detayları açıklanmış ve öğrencilerin bu çalışmada yer alıp almama durumları sözel olarak sorulmuş bireysel olarak hepsinden onay alınmıştır. STEM ders planının temasını oluşturan “evsel atıklar” konusunun 7. sınıf Fen Bilimleri dersinde yer alması bu sınıfın seçilme nedenidir.

Birinci araştırmacı mesleki gelişimi bağlamında katıldığı STEM çalışmaları ve doktora öğrenimi sürecinde aldığı derslerden kazanımlarını gözlemlemek için STEM çemgisini temel alan bir ders planı hazırlayarak bu ders planını uygulamak ve öğrencilerinin süreçlerini gözlemlemek istemiştir. Bu hedefle yola çıkan birinci yazar ilgili dönem işleyeceği konulara bakarak öğrencilerinin toplumsal sorumluluk ve sürdürülebilir kalkınma anlayışı geliştirmesini incelemek adına programdaki en uygun konuyu temel almış ve matematik eğitiminde uzman ikinci yazar ile birlikte bir STEM ders planı hazırlamıştır.

Ders planının uygulandığı sınıfta yer alan 26 öğrenci 6 gruba ayrılarak verilen görevleri 3 haftada 5 ders saatinde gerçekleştirmişlerdir. 3 haftalık STEM derslerinde yer alan süreçler aşağıda ayrıntılarıyla açıklanmıştır. Öğrencilerin kendi istekleri ile akranlarını seçmelerine dayalı olarak gruplar oluşturulmuştur.

STEM Temelli Derslerin İşlenişi

Bu çalışmada ortaya koyulan STEM etkinliğinde her bir alana dair vurgular aynı olmayacaktır. Etkinliğin içerisinde fen bilimleri öncelikli olmak üzere sırasıyla matematik, mühendislik ve teknoloji alanları yer almaktadır. Bu STEM alanlarının etkinliğe hangi bağlamlarda katkıları olduğu Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. STEM alanlarının etkinlikteki kapsamaları

STEM disiplinlerinin çalışmadaki önceliği	STEM disiplinlerinin çalışma ile ilişkili olduğu konu içeriği ve kavramlar
1. Fen Bilimleri	<ul style="list-style-type: none"> • Evsel sıvı atıklar • Kaynakların tasarruflu kullanımı • Sıvı basıncı • Bilimsel süreç becerileri • Yaşam becerileri (21. yüzyıl becerileri)
2. Matematik	<ul style="list-style-type: none"> • Matematiksel modelleme • Doğru orantı ve ters orantı • Ölçeklendirme (oranlara dikkat ederek çizim yapma) • Yüzde hesaplama
3. Mühendislik	<ul style="list-style-type: none"> • Fikir üretme • Tasarlama ve inşa etme • Ürünü test etme ve değerlendirme • Yeniden yapılandırma
4. Teknoloji	<ul style="list-style-type: none"> • Araştırma yapma

Konusu belirlenen dersin ve proje konusunun planlama aşaması Çorlu (2017) tarafından ortaya koyulan STEM Çemgisi temel alınarak hazırlanmıştır. 3 hafta süren STEM temelli derslerin ilk haftasında grup olarak çalışacak olan öğrencilerin gruplarının belirlenmesi ve Bilgi Temelli Hayat Problemi (BTHP) olarak hazırlanan “Çevreci Sifon İnşası” probleminin (Ek 1) tanıtımı yapılmıştır. Bu problem ile derse giriş yapılarak STEM temelli dersin başlangıcı yapılmıştır.

Derse giriş aşamasında gruplara dağıtılan BTHP ve ilgili görevlerine dair öğrencilerin fikirler üretmesi ve süreçte neler yapılabileceğine dair tartışmaları sağlanmıştır. Bu süreçten sonra suyun önemine dair sınıf içi tartışma ortamı hazırlanmış ve dersin sonunda araştırma soruları (Ek 2) ödev olarak öğrencilere verilerek sonraki derste tartışılacağı belirtilmiştir.

İkinci hafta STEM temelli ders için 2 ders saati ayrılmıştır. Bu süreçte öğrenciler fikirler geliştirmiş, sınıf dışında ve sınıf içinde arkadaşları ile tartışarak bilgi edinmiştir. Bir önceki hafta ödev olarak verilen soruların yanıtları, gruplar içerisinde seçilen sözcü öğrencilerin yaptığı açıklamalar ile sınıfta paylaşılmıştır. Araştırma sorularının sonunda öğrencilerden BTHP'nin çözümünde tasarımları gereken bir çevreci sifonun taslak çizimini yapmaları beklenmiştir. Öğrencilerin taslak çizimleri toplanmış ve araştırma kayıt defterleri dağıtılarak öğrencilerden süreçte yaptıkları araştırmaları ve elde ettikleri verilere dair soruları cevaplamaları istenmiştir. 2 ders saati süren dersin ikinci kısmında öğrenciler okul bahçesine çıkarılarak bahçede bulunan çeşmeleri kullanarak "Musluktan Akan Suyun Hacmi" gözlemini yapmaları istenmiştir. Bu gözleminde bir musluktan birim zamanda ne kadar su aktığını ölçmeleri sağlanmıştır. Böylece öğrencilerin verileri kaydetmeleri beklenmiş ve sonrasında ödev olarak verilecek evimizde kullanılan suya dair gözlem tablosunu evde doldurmaları istenmiştir. Bir sonraki haftaya ödev olarak derste yapmış oldukları taslak çizimi, ölçekli olarak çizimleri istenmiştir. Son olarak ise "Çevreci Sifon" tasarımlarını üretmek için kullanacakları malzeme listesini yaparak bu malzemeleri derse gelirken getirmeleri istenmiştir.

3. hafta derste (son 2 saat) öğrenciler doldurdıkları gözlem tablosuna dayanarak, ilgili sorulara verdikleri cevaplarını grup olarak tartışmışlar ve gözlemlerinin tutarlılıklarını sorgulamışlardır. Taslak çizim olarak yaptıkları çevreci sifonun ölçeklendirilmiş çizimini öğretmene teslim eden gruplar, malzemelerini çıkararak ürünü oluşturma aşamasına geçmişlerdir. Ürün oluşturma aşamasında öğrencilerin tamamı laboratuvara geçmiş ve çizimlerini yaptıkları çevreci sifonu getirmiş oldukları malzemeleri kullanarak üretmiştir. Oluşturdıkları tasarımı su kullanarak test etmişlerdir. Öğrenciler oluşturdukları ürünü tamamladıktan sonra sınıf arkadaşlarına hazırlamış oldukları bir sunum ile ürünlerinin gösterimini yapmış ve tasarımlarını açıklamışlardır. Yukarıda açıklanan bu süreçler Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. Araştırmanın 3 haftalık uygulama süreci

Haftalar ve Ders Saatleri	Derste Yapılan Görevler	Ödev Olarak Verilen Görevler
1. hafta - 1 ders saati	<ul style="list-style-type: none"> • Öğrenci grupları oluşturuldu. • Bilgi Temelli Hayat Problemi tanıtıldı. • Suyun önemine dair sınıf içi tartışma yapıldı. 	<ul style="list-style-type: none"> • Araştırma Soruları
2. hafta - 2 ders saati	<ul style="list-style-type: none"> • Öğrenciler araştırma sorularını cevapladı. • Öğrenciler çevreci sifonun taslak çizimlerini yaptılar. • Araştırma Kayıt Defteri (Ek 3) dağıtıldı öğrenciler kayıt aldılar. • Musluktan Akan Suyun Hacmi isimli gözlem yapıldı. • Çevreci sifonu inşa etmek için gerekli malzemeler öğrenciler tarafından listelendi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evimizde Kullanılan Suya Dair Gözlem Tablosu • Çevreci sifonun ölçekli çizimi • Listeledikleri malzemelerin temin edilmesi
3. hafta - 2 ders saati	<ul style="list-style-type: none"> • Evimizde Kullanılan Suya Dair Gözlem Tablosunun verileri öğrenciler ile tartışıldı. • Çevreci sifon inşa edildi. • Çevreci sifon test edildi. • Çalışmayanların neden çalışmadığı sorgulandı. • Gruplarca oluşturulan ürünlerin sunumu yapıldı. 	

Veri Toplama Araçları

Araştırma 3 haftada 5 ders saati süren bir STEM temelli ders planının uygulanması üzerine tasarlanmıştır. Bu ders planının pilot uygulaması sonrasında STEM alanında uzman bir araştırmacının dönütleri doğrultusunda ders planı gözden geçirilmiştir. Alan uzmanı incelediği ders planının ilgili sınıfın seviyesine uygun olduğunu belirtmiş ve BTHP'nin dersin ilk aşamalarında verilmesi önerisinde bulunmuştur. Uygulanan ders planının değerlendirilmesi sürecinde 5 temel veri kaynağı Tablo 3'te sunulmuştur. Bunların yanı sıra temel veri kaynağı olarak kullanılmasa da uygulayıcı araştırmacı süreç esnasında alan notları da tutmuş ve bu notlardan verilerin analizi esnasında destekleyici unsur olarak yararlanılmıştır.

Tablo 3. Veri kaynakları

Veri kaynağı	Veri kaynağının içeriği	Kullanım amacı
1. Öğrenci çalışma kâğıtları	BTHP üzerine inceleme soruları	BTHP'yi ve araştırma sorularını içeren çalışma kâğıdı üzerinde öğrenciler çevreci sifon ve su tasarrufu üzerine hazırlanan soruları cevaplamışlardır.
2. Musluktan Akan Suyun Hacmi gözlem raporu Evimizde Kullanılan Suya Dair Gözlem Tablosu ve ilgili soruları	Gözlem tabloları öğrencilerin deney verilerini girmesi için hazırlanmıştır.	Musluktan akan suyun hacmi gözlemi ile birim zamanda akan suyun hacmi hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara dayanarak gözlem tablosu ile öğrencilerin ev yaşantılarında harcadıkları suyu tespit etmeleri sağlanmıştır. Bu işlemler esnasında öğrencilerin işlemsel becerileri ile matematiksel muhakeme yapabilme becerileri incelenmiştir.
3. Araştırma Kayıt (Bilgi Edinme) Defteri ve bu defter	Öğrencilerin araştırmalarını nasıl yaptıkları, nelere dikkat ettiklerini yansıtıcı bir	Bu defter ile öğrencilerin bilgi edinme ve edindikleri bilgiyi değerlendirebilme becerileri incelenmiştir.

içeriğinde yer alan sorular	çerçeveden yazacakları bir kayıt defteridir.
4. Çevreci sifon tasarımına dair taslak ve ölçekli çizimler	Öğrencilere yapmak istedikleri sifona dair çizim yapmaları beklenmiştir. Öncelikle karalama şeklinde olan çizimleri daha sonra detaylı ve ölçekleme yapılarak gerçek boyutuna yönelik oranları da kullanmaları beklenmiştir.
5. Araştırma (bilgi edinme), sosyal ürün ve sosyal ürün sunum rubrikleri	Araştırma rubriği ile öğrencilerin nasıl bir araştırma yaptığını sorgularken, sosyal ürün ve sosyal ürün sunum rubrikleri öğrenci gruplarının oluşturulduğu ürüne ve ürünün dinleyicilere tanıtımını nasıl yaptıkları değerlendirmek amaçlanmıştır.

Veri kaynakları arasında ilk olarak su tasarrufu konulu BTHP'yi ve araştırma sorularını içeren öğrenci çalışma kağıtları yer almaktadır. Çalışma kağıdı araştırmacılar tarafından hazırlanarak pilot çalışma ile test edilmiş, öğrenciler tarafından anlaşılabilirliği üzerine iyileştirmeler yapılmıştır. İkinci veri kaynağı "Musluktan Akan Suyun Hacmi" başlıklı gözlem raporu ve öğrencilerin evde gözlemler yaparak doldurdukları "Evimizde Kullanılan Suya Dair Gözlem Tablosu" ve bu tablo ile ilgili sorulara verdikleri cevaplardır. Üçüncü veri kaynağı öğrencilerin süreçte öğrendiklerini yazmaları için Çorlu ve Çallı (2017) tarafından tasarlanan Araştırma Kayıt (Bilgi Edinme) Defteri ve bu defter içeriğinde yer alan

sorulara verilen cevaplardır. Dördüncü veri kaynağı ise öğrencilerin çevreci sifon tasarımına dair oluşturdukları taslak ve ölçekli çizimlerdir. Beşinci ve son veri kaynağı Çorlu ve Çallı (2017) tarafından geliştirilen 3 adet rubriktir. Bunlar araştırma (bilgi edinme), sosyal ürün ve sosyal ürün sunum rubrikleridir. Bu rubriklerde 1-4 puan aralığı kullanılmış olup rubrikler uygulamayı yapan araştırmacı tarafından puanlanmıştır.

Verilerin Analizi

İlk derse başlamadan önce kullanılan araştırma sorularına öğrenci grupları tarafından verilen yanıtlar, araştırma kayıt defterine yazılanlar, gözlem tablolarına ait sorulara verilen cevaplar açık kodlama yöntemi kullanılarak kodlanmıştır. Kodlama süreci her iki araştırmacının yan yana gelerek tüm veriyi birlikte inceleyip tartışma ve değerlendirmesiyle gerçekleştirilmiştir. Bunların dışında kullanılan rubrikler ise 1-4 puan aralığında puanlanmış ve başarı düzeyini belirlemek ve karşılaştırabilmek için de elde edilen puanlar yüzdeliğe çevrilmiştir.

Geçerlik İncelemesi

Çalışmanın geçerlik incelemesi için Maxwell'in (1992) öne sürdüğü beş boyut dikkate alınmıştır. Bunlardan ilki betimsel geçerlik olup incelenen olgunun tüm detayları ile ortaya koyulmasını içerir. Buna göre araştırmacılar su tasarrufu kavramının STEM temelli bir ders planı bağlamında incelenmesini hedeflemişler ve bunu öğrencilere bir tasarım ürün ortaya koymalarını sağlayacak süreçlerden geçmelerini sağlayarak elde etmişlerdir. Diğer bir boyut ise kuramsal geçerlik yani diğer adı ile iç geçerlik olup, araştırmada ele alınan unsurun kuramsal olarak da incelenmesini gerektirir. Bu bağlamda Çorlu ve Çallı'nın (2017) kuramsal çalışması temel alınmıştır. Yorumlayıcı geçerliği (interpretive validity) yani süreci nesnel olarak ortaya koyabilme, araştırmacıların araştırmada yer alan durumlara dair yorumlarını ne kadar iyi aktardıkları ile ilgilidir (Maxwell, 1992). Buna göre araştırmada incelenen olgu çoklu ölçüm ve değerlendirme araçları kullanarak ortaya koyulmuştur. Öğrencilerin iki yıldır öğretmeni olan birinci araştırmacının öğrencilerle kişisel deneyimleri de incelenen olgunun değerlendirme sürecinde nesnel olabilmesini sağlamıştır.

Maxwell'in (1992) geçerlik kavramı için ortaya koyduğu dördüncü boyut genellenebilme geçerliği, diğer adı ile dış geçerliktir. Araştırmada üzerinde çalışılan ve üretilen ders planı başka çalışmalar için de kullanılabilmesi için ayrıntılı bir şekilde anlatılmış ve bu anlatımlar görsellerle desteklenmiştir. Son olarak değerlendirme geçerliği çalışılan sürecin açık, anlaşılır, sonuçların tutarlı ve başka araştırmacılar tarafında da onaylanabilir olması ile ilgilidir. Bu bağlamda çalışmada araştırma süreci oldukça detaylı olarak

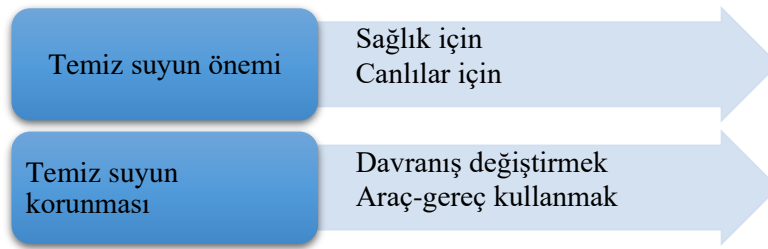
tanımlanmış ve herhangi bir soru işareti üretmeyecek şekilde açıklanmıştır. Fen eğitimi alanında uzman olan deneyimli iki araştırmacının, araştırmanın sunumuna ilişkin görüş ve önerileri alınmıştır.

Bulgular

Araştırmada öğrencilerin bir STEM projesini oluştururken geçtikleri evreleri incelemek ve bu süreçlere dair yorumlar yapabilmek amaçlandığı için yapılan sorgulamaların her birine yönelik elde edilen bulgular ayrı ayrı alt başlıklarda sunulmuştur.

Öğrencilerin araştırma sürecinde temiz suyun canlılar için önemine dair ortaya koyduğu yorumlar nelerdir?

Bu çalışmanın birinci probleminde öğrencilerin Bilgi Temelli Hayat Probleminin araştırma aşamasında araştırmaları beklenen temiz su ve bunun kullanımına yönelik araştırmaları iki temel unsur altında toplanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Araştırma soruları analizi

Şekil 2’de de görüleceği üzere öğrencilerin grup olarak cevapladıkları sorulardan elde edilen kodlara bakıldığında öğrenci söylemlerinde suyun canlılar için önemini canlılığın devamlılığı, sağlık ve ihtiyaç bağlamlarında dile getirdikleri, temiz suyun korunmasını ise arıtma gibi işlemlerde araç-gereç kullanma, yeniden kullanma ve koruma gibi davranış değişikliği bağlamında inceledikleri belirlenmiştir. Su tasarrufu üzerine sorulan soruda da örnekler vererek (sebze yıkama, balkon temizleme, otomobil yıkama, vb.) yeniden kullanma yolları bulmak, gereksiz kullanmamak, muslukları açık bırakmamak, kısa duş almak, bozuk muslukları tamir etmek, eski makinaları değiştirerek yeni araçlar kullanmak ve arıtma yapmak gibi konulara değinmişlerdir. Öğrenci gruplarının cevaplarından birkaç tanesi aşağıda verilmiştir:

Grup 3: *Canlı organizmalar hücrelerden meydana gelir ve hücrelerin organizmanın canlılığını sağlayabilmesi için kendilerinin de canlı olması gerekir. Ancak hücreler susuz canlı kalmaz.*

Grup 5: *Balkon vb. yerleri süpürge ile temizleyin. Akşam ve sabahları bahçe sulayın çünkü öğlenleri buharlaşma fazla oluyor.*

Grup 6: *Arızalı muslukları tamir ettirmek.*

Öğrencilerin araştırma sürecinde bilgi edinmeye dair başarı durumları nedir?

Öğrencilerin araştırma yapma süreçlerini değerlendirmek için Araştırma (Bilgi Edinme) Rubriği (Çorlu ve Çallı, 2017) kullanılmıştır. Buna göre grupların elde ettikleri bilginin kalitesi, kullandıkları kaynaklar, bilgi edinme defterini kullanma durumları ve son olarak da grup içerisinde görev paylaşımına dair yapılan incelemelerden 5 grubun oldukça yüksek başarı yüzdesi (%75 ve üzeri) elde ettiği ancak bir grubun (Grup 1) %50 düzeyinde başarı elde ettiği belirlenmiştir. İncelenen kategorilerden özellikle bilginin kalitesi ve kullandıkları kaynakların değerlendirildiği maddelerinden düşük puan alan Grup 1 yeterli düzeyde araştırma yapmamış ve bilgi edinme defterini de yeterli düzeyde doldurmamıştır. Öğrenci gruplarına yaptıkları araştırmanın kaynağı sorulduğunda ise istisnasız hepsi interneti kullandıklarını dile getirmişlerdir. Ancak kullandıkları internet kaynaklarının ise bilimselliğine yönelik inceleme yapmaya ya da güvenilir internet sitelerinin neler olabileceğine dair bir incelemeleri ya da sorgulamaları bulunmamaktadır.

BTHP'nin incelenme sürecinde öğrencilerin kendilerine gerekli olacak bilgi konusundaki farkındalıkları nasıldır?

Öğrenci grupları çalışmaya başladıkları andan itibaren topladıkları verilere dair kayıt tuttukları araştırma defterlerinden elde edilen kodlardan Şekil 3'te verildiği gibi 3 tema ortaya çıkmıştır. Gruplar sahip oldukları ve süreçte kendilerine gerekli olacağını düşündükleri bilgileri dile getirdiklerinde "Mühendislik/Tasarım Bilgisi, Fen Bilgisi ve Matematik Bilgisi" olmak üzere üç temel unsur tespit edilmiştir. Gruplar hangi bilgiye sahip olduklarını sıralarken, sıvı basıncı, su tasarrufu ve su tasarrufu yöntemleri gibi konuya dair bazı kavramları saymışlardır.

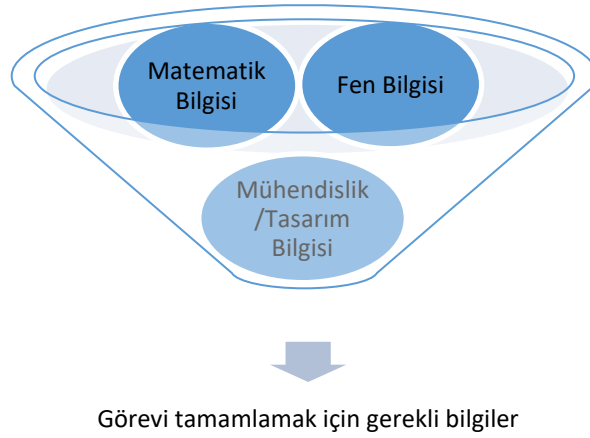
Grup 3: *Bileşik kaplar nasıl çalışır bilmeliyiz.*

Grup 2: *Dakikada kaç litre su aktığını hesaplamayı bilmeliyiz.*

Bunların yanında ise tasarım bilgisine ve tasarlayacakları ürünün çalışma mekanizmasına dair bilgiye gereksinimlerini dile getirmişlerdir.

Grup 5: *Çevreci sifonu nasıl yaparız bunu bilmeliyiz.*

Grup 1: *Sifonların çalışma mekanizmasını bilmeliyiz.*



Şekil 3. *Araştırma defteri analiz sonuçları*

Tasarım ve gözlem aşamalarında öğrencilerin fen ve matematiğe yönelik deneyimleri nelerdir?

Öğrencilerden tasarım esnasında öğrendiklerini rapor olarak yazmaları istendiğinde bunu gerçekleştirebilen bir grup olmamıştır. Sadece birkaç cümle ile öğrendiklerini yazan grupların cevapları incelendiğinde sıvı basıncını gözlemlemeyi ve buna dair süreci öğrendikleri ve sıklıkla su tasarrufundan bahsedildiği için su tasarrufu üzerine öğrenmelerinin olduğunu dile getiren gruplar olmuştur.

Grup 2: Sıvı basıncı sayesinde suyu bir taraftan boşalttığımız zaman diğer taraftan çıkıyor olduğunu öğrendik.

Grup 5: Ortalama 1 saatte akan suyun miktarını hesaplamayı öğrendik.

Veri kaynaklarından üçüncüsü olan “Musluktan Akan Suyun Hacmi” gözlemi ve “Evimizde Kullanılan Suya Dair Gözlem Tablosu” verilerinin analizi sonuçlarına göre öncelikle matematiksel gözlemler yaptıkları, bu gözlemlerden yola çıkarak matematiksel işlemler ve incelemeler yaptıkları son olarak da elde ettikleri matematiksel sonuçları günlük yaşam durumunu anlamlandırma için kullandıkları belirlenmiştir. Bu süreçler günlük yaşam problemlerinde öğrencilerin geçmesi beklenen aşamalar olup bu aşamalar STEM projesi kapsamında net olarak gözlemlenebilmiştir.

BTHP'nin incelenme sürecinde öğrencilerin matematiksel başarıları nasıldır?

Bu incelemede öğrencilerden elde edilen veriler 3 tema altında değerlendirilmiştir. Bu temalar; *Matematiksel Gözlem*, *Matematik Bilgisi* ve *Günlük Yaşama Aktarma*'dır.

“*Matematiksel Gözlem*” temasında öğrencilerin “Musluktan Akan Suyun Hacmi³” adlı gözlemi yaparken ölçüm sonuçlarını kaydettikleri tablo ve deney raporundan elde etmiş oldukları veriler ve bu verilerin matematiksel işlemlere tabi tutulma aşamaları incelenmiştir. Gruplar elde ettikleri sayısal verileri birkaç kez ölçüm sürecini tekrarlayarak netleştirmiş ve ölçme hatalarını en aza indirmiştir. Böylelikle her bir dakikada bir kaba ne kadar su dolabileceğine dair yaşamsal bir tecrübe edinerek matematiksel bir sonucu gözlemeleme fırsatı yakalamışlardır.

Uygulayıcı araştırmacının öğrenci gruplarını gözlemlerken tuttuğu alan notlarından elde edilen verilere göre; öğrenci grupları musluktan dakikada ne kadar su aktığına ilişkin veri toplarken bazı değişkenleri sabit tutup denemeler yapmış (örneğin, musluktan suyun akışı ilk denemede hızlı, ikinci denemede daha yavaş ya da süre tutma aralıklarını daha geniş ve dar alma gibi) ve matematiksel gözlemlerini netleştirmeye çalışmışlardır. Buna dayanarak onlara verilen tablolara elde ettikleri verileri kaydetmişlerdir. Araştırmacılar öğrencilerin tablolara kaydettikleri verilere bakarak bu verilerin doğruluk değerlerini incelemiş ve verileri “doğruyanlış” şeklinde kodlamışlardır. 6 grup içerisinde 3 grup doğru verileri gözlem sürecinde elde edebilirken diğer 3 grubun elde ettiği veriler yanlış olarak kodlanmıştır. Örneğin Şekil 4'te Grup 1'in verileri gerçek bulgulara yakın iken Şekil 5'te Grup 6'nın verileri gerçek bulgulardan uzaktır.

Zaman(sn)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Su (ml)	0	625	1250	1875	2500	3125	3750	4375	5000	5625	6250	6875	7500
Su (ml)	0	350	700	1050	1400	1750	2100	2450	2800	3150	3500	3850	4200
Su (ml)	0	700	1400	2100	2800	3500	4200	4900	5600	6300	7000	7700	8400

7. Tablodaki elde ettiğiniz 1 dakikada musluktan akan su miktarını litre cinsinden yazınız.

1- Tahmin = 7,5 L
 2- Tahmin = 6,16 L
 3- Tahmin = 8,4 L

Ortalama
7,5

Şekil 4. Grup 1'in musluktan akan suyun hacmine ilişkin veri tabloları

³ “STEM Temelli Derslerin İşleniş” başlığı altında bu deneyin detayları açıklanmıştır.

Zaman(sn)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Su (ml)	-	150	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800
Su (ml)	-	150	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800
Su (ml)	-	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400

7. Tabloda elde ettiğiniz 1 dakikada musluktan akan su miktarını litre cinsinden yazınız.

1,8 ile 2,9

2,2

Şekil 5. Grup 6'nın musluktan akan suyun hacmine ilişkin veri tabloları

Bu durumun arkasındaki gerekçelerin öğrencilerin musluğu açarak gözlemledikleri suyun akış hızı olan su debisini oldukça düşük tutmaları ya da suyun akışı esnasında süreyi tutarken yaşadıkları sorunlar diye düşünülmektedir.

Öğrencilerin matematiksel incelemelerinin değerlendirildiği bu aşamada ikinci tema ise “*Matematik Bilgisi*” teması olup bu tema “Gözlem Tablosu ve Sorular” başlıklı ölçme aracının ortaya koyduğu verilere dayanarak elde edilmiştir. Bu sorularda birim zaman için yapılan gözlemlerin bir günde nasıl değişimlere uğrayabileceği (*Soru1: Evlerde kullanılan bir musluk dakikada kaç litre su akıtmaktadır?*), bir rezervuarın ebatları ve su kapasitesi (*Soru2: Bir sifonlu rezervuar kaç litre su almaktadır? Rezervuarın boyutlarını cetvel yardımıyla ölçerek hacmini hesaplayabilirsiniz.*), rezervuarın sarf ettiği su ile gün içerisinde harcanan temiz suyun ilişkisi (*Soru3: Evimizde bir günde sadece rezervuardan tuvalete giden temiz su kaç litredir?*), bir günde ne kadar temiz suyun yapılacak çevreci sifon ile nasıl kurtarılacağı (*Soru4: El-yüz yıkama, meyve – sebze yıkama ve bulaşık yıkama gibi basit işler için evimizde yaklaşık olarak kaç litre su kullanılır?*; *Soru5: Bu yöntemle evimizde bir günde kaç litre temiz suyu tasarruf edebiliriz?*; *Soru6: Bu yöntemle bulunduğunuz ilçede bir günde kaç litre su tasarrufu yapılabilir?*) gibi incelemeler yapmaları istenmiştir. Bu sorulara verilen matematiksel cevaplar incelendiğinde işlem hatalarının yapıldığı, cm^3 ile litre arasında dönüşümün yapılamadığı tespit edilmiştir. Bu tespitlerde sonuçlar “tamamen yanlış, eksik ve kabul edilebilir” şeklinde 3 kategoride değerlendirilmiştir. Tamamen yanlış sonuçlarda matematiksel işlemlerin yanlış olması ve sayısal verinin olası cevaplarla örtüşmemesi durumları ele alınmıştır.

Verilerin matematiksel işlemler bağlamında incelemesinde “eksik” olarak sınıflandırılan veriler, yapılan işlemin sonucunun verilmesine rağmen sürecinin açıklanmamış

olduğu ya da örneğin rezervuar kapasitesinin belirlenme sürecinde ebatlardan bir tanesinde kabul edilir olmayan bir sayının kullanılması gibi durumlarda kullanılmıştır. Örneğin Grup 6, ilçe nüfusu ile çevreci sifon kullanılarak tasarruf edilecek su miktarının çarpımının hesaplanması beklenen soruda çarpma işleminde ve sayıların ifade şekillerinde yanlışlıklar yapmıştır. Bu durum Şekil 6'da görülmektedir. Bu nedenle bu veriler “eksik” olarak kodlanmıştır.

$$\begin{array}{r}
 109.800 \\
 \times 9.500 \text{ (U)} \\
 \hline
 544.000 \\
 + 9832.000 \\
 \hline
 1037.600.000
 \end{array}$$

Şekil 6. Grup 6'nın soru 6'ya verdiği cevap

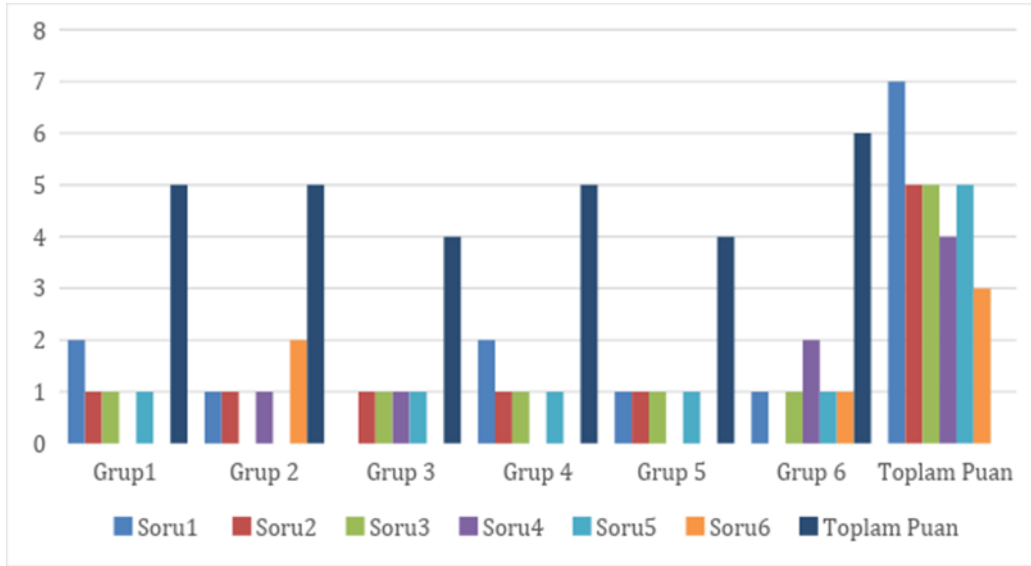
Son olarak verilerin matematiksel bilgi bağlamında incelendiği sorularda kabul edilebilir olarak yorumlanan sonuçlarda ise öğrencinin elde ettiği sonuçların makul sınırlar içerisinde olması gereklidir. Örneğin 1 dakikada normal basınç altında bir musluktan 14 litre su aktığı söylenebilirken basınç düzeyi azaltılan bir muslukta 7-8 litre olarak belirlenmesi kabul edilebilir bir sonuçtur. Ancak dakikada 2 litre akması durumu basıncın oldukça düşük bir düzeyde tutulması gerektiğini gösterir ki böyle bir durum bu araştırmada söz konusu olmamaktadır. Bu nedenle Şekil 7'de Grup 1'in birinci soruya verdiği cevap olan 7,5 litre cevabı kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir.

$$\begin{array}{l}
 1) \\
 1. ölçüm \Rightarrow 7,5 \\
 2. ölçüm \Rightarrow 6,6 \\
 3. ölçüm \Rightarrow 8,4 \\
 + \\
 \hline
 22,5 \\
 \frac{22,5}{3} = 7,5
 \end{array}$$

Şekil 7. Grup 1'in ilk soruya verdiği kabul edilebilir cevap

Öğrenci gruplarının verdikleri cevapların tamamen yanlış, eksik ve kabul edilebilir olarak incelenen verilerine sırasıyla 0, 1 ve 2 puanları verildiğinde Şekil 8'deki grafik elde edilmiştir. Buna göre 12 puan üzerinden gruplar tüm etkinliğin “matematiksel bilgi” temasında %50'nin altında bir başarıya sahiptirler. Soru bazında incelendiğinde ise 6. soruda oldukça başarısız olan gruplar Şekil 8'de gösterilen toplam puan sütunlarına bakıldığında en

çok 1. soruda başarılı olmuşlardır. Birinci soru öğrencilerin kendi yaptığı deneyden de faydalanarak evde bir musluktan dakikada kaç litre su akacağıının belirlenmesi sorusudur ve bu sorunun cevabı aslında bahçede yapılan musluktan akan suyun hacmi deneyinden de elde edilmiştir. Ancak buna rağmen hala öğrenciler kendi yaptıkları deney sonucundan elde ettikleri sonuçları bir hafta sonra sorulan benzer bir soruda kullanamamış ve bulgularını yeni duruma aktaramamışlardır.

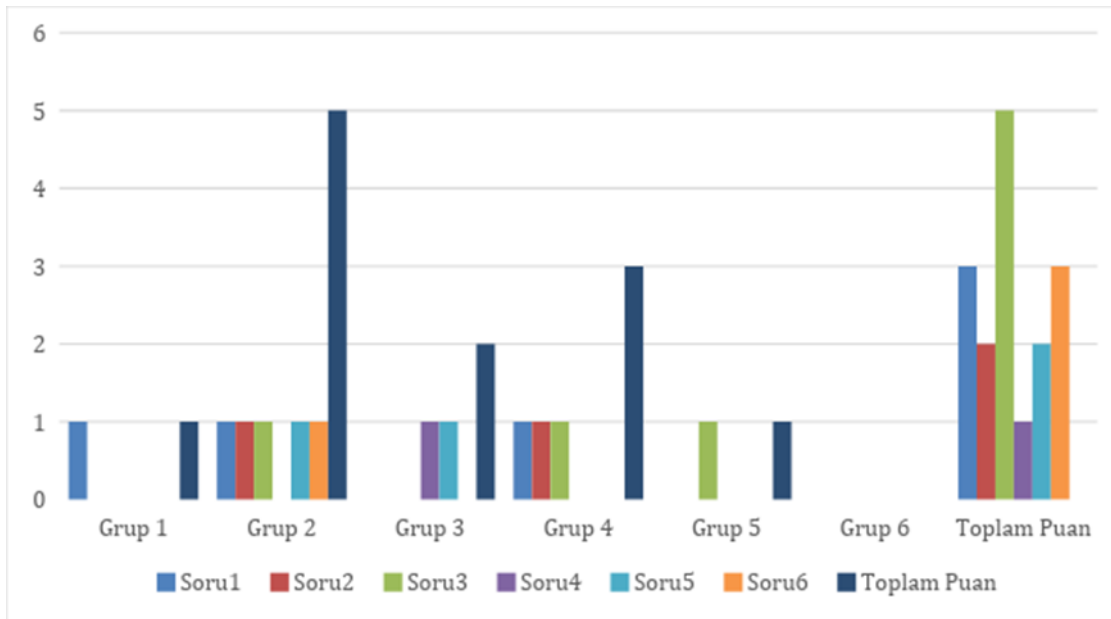


Şekil 8. Matematik Bilgisi temasındaki başarı durumu

Şekil 8’de toplam puan sütunları incelendiğinde grupların en başarısız oldukları sorunun 6. soru olduğu görülmektedir. Bu soruda öğrencilerin yaşadıkları ilçenin nüfusunu bilmeleri, bu sayı ile gözlemleri sonucu elde ettikleri tüketilen su miktarını çarpmaları ve böylece tüm ilçede kaç litre su tasarrufu yapabileceklerini hesaplamaları beklenmektedir. Dolayısı ile sonuçlardaki bu başarısızlığın nedeni ilçenin nüfusuna ulaşamamalarından, yaptıkları tahminlerin yanlış olmasından, çarpma işlemlerindeki hatalardan ve sıvı ölçümlerindeki dönüşüm işlemlerindeki hatalardan kaynaklanmakta olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak öğrenciler matematiksel işlemlerde kendilerinden beklenen başarıyı ortaya koyamamıştır.

Öğrencilerin matematiksel incelemelere yönelik yaptıklarının değerlendirilmesi sonucunda elde edilen üçüncü tema ise “Günlük Yaşama Aktarma” teması olup bu tema altında öğrencilerin ölçüm ve gözlemler sonucunda elde ettikleri veri ve sayısal değerlerin günlük yaşamdaki anlamlılıkları ile ilişkilendirme sonuçları değerlendirilmiştir. Bu sonuçlar Gözlem Tablosu ve Sorular tablosuna öğrencilerin tuttukları matematiksel kayıt ve verilerin gerçek yaşam ile ilişkilerinin incelenmesiyle ortaya çıkmıştır. Bu veriler “kabul edilebilir (1

puan)” ve “kabul edilemez (0 puan)” şeklinde iki kategoride incelenmiştir. Örneğin rezervuar ebatlarının istendiği bir soruda Grup 3’ün rezervuarın derinliğini 6 cm olarak vermesi ya da Grup 6’nın rezervuarın kapasitesinin istendiği soruya 6300 litre olarak verdiği cevaplar kabul edilemez cevaplar olarak belirlenmiştir. Bunun aksi günlük yaşam verileri ile örtüşen ve kabul edilen sayı değerleri taşıyan cevap ise kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir. Grupların her bir soru bazında verdikleri cevapların matematiksel değerlerinin günlük yaşam verileri ile karşılaştırılarak kabul edilebilirliği incelendiğinde, Şekil 9’daki grafikte de görüldüğü gibi Grup 2’nin cevaplarının diğer gruplara göre daha fazla kabul edilebilir olduğu ancak diğer grupların cevaplarının kabul edilebilirliğinin oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bu durum öğrencilerin sayısal verilerle işlemler yaparken elde ettikleri sonuçları günlük yaşamdaki anlamlarının üzerinde düşünmeden kabul ettiklerini de göstermektedir. Yukarıdaki örnekte de verildiği gibi bir öğrencinin bir rezervuarda 6300 litre su olma ihtimalini mantıklı bulması sayısal verilerin gerçekliklerini göz önünde bulundurmadığına bir kanıttır.



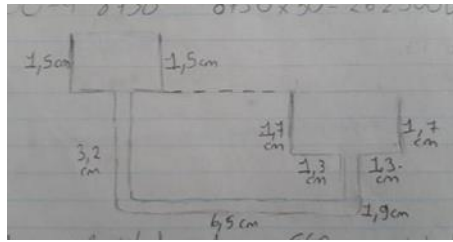
Şekil 9. Günlük Yaşama Aktarma Teması Başarı Durumları

Şekil 9’daki grafiğe bakıldığında grupların en zorlandıkları sorunun 4. soru olduğu görülmektedir. Bu soru evde toplamda harcanan suyun hesaplanmasına dair sorulan bir soru olup öğrencilerin hali hazırda doldurdukları tablodaki verileri toplamaları ve bu verilerin günlük yaşam bağlamında yorumlanmaları gerekmektedir. Ancak öğrencilerin tablo okuma, oluşturma ve doldurma şeklinde verilerin tabloya aktarılması üzerine zorluklar yaşadıkları belirlenmiştir. En fazla doğru cevabın verildiği soru ise Toplam Puan sütunlarından da görüleceği gibi 3. soru olup bir rezervuardan tuvalete giden temiz suyun miktarının

hesaplanması üzerine sorulan bir sorudur. Burada yapılacak iş rezervuarın hacminin hesaplanması ve bir gün içinde rezervuarın kaç kere kullanılacağını tahmin ederek hacim ile kullanım miktarını çarpımdır. Bu işlem Grup 1 ve 6 dışında diğer gruplar tarafından kabul edilebilir şekilde yapılmıştır.

Öğrencilerin ortaya çıkardığı taslak ve ölçekli çizimler nasıldır?

Bu çizimlerin her biri kendi içinde incelenmiş sonra da karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Tek tek yapılan incelemelerde hem taslak çizim hem de ölçekli çizimler için dikkat edilen unsur fen bilgisi temel bilgisinden sıvı basıncı ilkesine dikkat edilip edilmediği, gerçek yaşam detaylarına yer verilip verilmemesi ve ölçekli çizimler için gerçekçi ölçeklendirme yapıp yapılmadığıdır. Bunlardan Grup 3 taslak çizimi, Grup 6 ise ölçekli çizimi yapmayı tercih etmemişlerdir. Taslak çizimler incelendiğinde fen bilgisi ilkelerinden sıvı basıncını üç grubun dikkate almadığı, sadece iki grubun bileşik kaplardaki sıvı basıncı ilkesini göz önünde bulundurarak çizim yaptıkları belirlenmiştir. Sıvı basıncı ilkesini dikkate almayan 1, 2 ve 5 nolu gruplardan ilki sifonun çeşmeden daha aşağıda olması gerekirken tam tersini çizmiş, Grup 2 sifonu suyun depolandığı kaptan yukarıda çizmiş halbuki depolanan yerden sifona bir akış olması istenmiştir. Son olarak da Grup 5 ise kapları aynı yükseklikte çizmiş ve sıvı basıncı ilkesini uygulayamamıştır. Sıvı basıncı ilkesini göz önünde bulunduran gruplardan Grup 4 lavabo olarak belirttiği kabı sifon olarak belirttiği kaptan yüksekte çizmiştir. Grup 6 ise su deposu olarak adlandırdığı suyun biriktirildiği yerden kullanıldığı yer olan ev olarak belirtilen kap arasında yüksekte olan depo sıvı basıncı ilkesine uymaktadır. Bu çizimlerde ikinci incelenen unsur olan günlük yaşamdaki unsurlara yer verilmesi örneğin sifon, depo ya da musluk gibi kavramları gerek yazı yazarak şekillerin üzerinde belirtmiş olmak gerek ise çizim ile açıkça bu kavramları çizmek olarak belirlenmiştir. Bu durumda da tüm çizimler bu unsurları gerek isimler vererek gerek ise çizimlerindeki görsel unsurlar ile ifade etmişlerdir. Bir gruba ait ölçekli çizim örneği Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 10. Öğrencilerin ölçekli çizim örneği

Ölçekli çizimlere bakıldığında herhangi bir çizim yapmayan Grup 6 ve çizimleri olmasına rağmen ölçeklendirmeyen Grup 1 ve 4 dışında diğer çizim yapan grupların matematiksel ölçümlere dikkat ederek ölçekli bir çizim yaptıkları belirlenmiştir. Ancak öğrenciler ölçek kavramını anlamlı olarak kullanamamışlardır, çünkü gerçek ebatları ile yüzde kaçlık bir küçültme yaptıklarını hiçbir grup yazmamıştır. Bu nedenle öğrencilerin ürettiği ölçekli çizimlerin gerçekçilikleri değerlendirilememiştir. Ancak uygulamayı yapan araştırmacının gözlem notlarında da belirtildiği üzere öğrenciler çizimlerine yazdıkları ölçümleri gerçek bir sifonun ebatlarının belirli oranda küçültülmesini dikkate almak için grup içinde verimli tartışmalar yaptıkları ancak bu ölçeği çizimlerinde gösteremedikleri yönündedir.

Öğrencilerin ürünlerine ve sunumlarına dair başarıları ne durumdadır?

Gruplar tartışmalar sonucunda ortaya koydukları çizimlerden faydalanarak üretecekleri çevreci sifon için laboratuvar ortamına geçerek tasarımlarını inşa etmişlerdir. Bu esnada önceden listesini yaparak yanlarında getirdikleri tüm malzemeleri kullandıkları gözlemlenmiştir. Ancak ürünü test ettiklerinde bazı materyallerin işe yaramadığını tespit etmiş ve yeni materyal arayışına girmişlerdir. Örneğin, bazı malzeme parçalarını bant ile birbirine bağlayan bir grup su kullanarak test ettikleri tasarımlarının parçalarının ayrıldığını gözlemleyince bant yerine oyun hamuru kullanmayı tercih etmiş ve oyun hamuru getiren diğer grubun materyallerinden yararlanmışlardır. Öğrencilerin tasarladıkları ürünlerden biri Şekil 11’de gösterilmektedir.



Şekil 11. Öğrencilerin tasarladığı mühendislik ürünü örneği

Grupların ürettikleri ürünlerin değerlendirmesi uygulamayı yapan araştırmacının kullandığı Sosyal Ürün Rubriği ile yapılmıştır. Sosyal ürün rubriğinde öğrencilerin fikir geliştirebilme durumları, bu fikirlerin ilgili problem ile ilişkililiği, ürünün bütünlük açısından ve doğruluk açısından kalitesi, materyallerin kullanımları ve özgünlük gibi ölçütler temel alınmıştır. Bu rubrikten de tüm gruplar oldukça yüksek başarı düzeyi (%75 ve üzeri) elde etmişlerdir ve bu da yeterli ve işlevsel ürünler ortaya koyduklarını göstermektedir.

Öğrencilerin taslak ve ölçekli çizim yapmakta zorlandıkları, ancak ürünü laboratuvar ortamında basit malzemeler ile yapabilmeye daha başarılı oldukları görülmüştür. Bu durum öğrencilerin grup içi tartışmalar yapma, tasarımını yaparak test etme, değerlendirme, çalışmayan ürünü yeniden yapma veya iyileştirme, yeniden test etme aşamalarını kullanarak ürüne son halini vermeleri ile açıklanabilir. Son olarak ise sosyal ürünün sunum rubriğinde sunum yapan grupların hazırbuluşlukları, konuya hakimiyetleri ve sunum becerileri değerlendirilmiştir. Bununla birlikte kullandıkları fen ve matematik kavramlarının yerinde ve etkili kullanımı da öğretmen tarafından dikkate alınmıştır. Öğrenci grupları oldukça başarılı (%75 ve üzeri) bulunmuş ve hazırbuluşlukları ile konuya hakimiyetleri hususunda yeterli görülmüşlerdir.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu çalışmada araştırmacılar STEM temelli bir ders planı tasarlamış, uygulamış ve uygulama sürecini, öğrencilerin deneyimlerini değerlendirmişlerdir. Hazırlanan dersin içeriğinde sıvı basıncı ve su tasarrufu temel alınmış ve temiz suyun tasarrufunda kullanılabilir “çevreci sifon” projesi tasarlanmıştır. Bu etkinliğin en önemli amacı öğrencilerin sürdürülebilir kalkınmaya dair duyarlılığını, temiz suyun korunumu ve suyu israf etmeden kullanımı konularında farkındalığını arttırmak ve bu bağlamda da öğrencilerin STEM alanlarındaki yetkinliklerini belirlemektir.

Birleşmiş Milletler tarafından 2015 yılında yayınlanan sürdürülebilir kalkınma amaçlarından altıncısı “Herkes için erişilebilir su ve atık su hizmetlerini ve sürdürülebilir su yönetimini güvence altına almak” olarak açıklanmıştır (UN, 2015). Bu amaca yönelik belirlenen hedeflerde dünya üzerinde su kaynaklarının sürdürülebilirliği, temiz suya erişim, temiz suyun kirlilikten korunması, suyun tasarrufu, atık suların arıtımı vurgulanmıştır. Bu çalışmada öğrenci söylemlerinde suyun canlılar için önemini canlılığın devamlılığı, sağlık ve ihtiyaç bağlamlarında dile getirdikleri, temiz suyun korunmasını ise arıtma vb. araç-gereç kullanımı, yeniden kullanma ve koruma gibi davranış değişikliği bağlamlarında inceledikleri belirlenmiştir. Aydınlar-Boylu ve Yertutan (2012) yürüttükleri çalışmada öğrenim düzeyi arttıkça su tasarrufu davranışının arttığını tespit etmiştir. Bu nedenle suyun canlılar ve yaşam için önemine ve su tasarrufuna dair farkındalığın, ilkökul ve ortaokul gibi temel öğrenim düzeylerinde oluşturulması önemlidir. Yapılan bu çalışmada da öğrencilerin temiz su kaynaklarının korunması ve suyun tasarrufuna yönelik araştırmalar yapması sağlanmış olup öğrencilerin yaptıkları araştırmaların sonuçlarını sınıf içinde tartışmaları için ortam

hazırlanmıştır. Bu süreçte israf edilen suyun matematiksel işlemler ve ölçümler ile gözlemlenmesi, ilçe çapında tahminlerde bulunulması ve bu israfın önüne geçecek bir tasarım ortaya çıkarmaya çalışmaları ile öğrencilerin yaşadığımız dünyada temel gereksinimlerden olan temiz suyun önemine ve korunmasına odaklandıkları söylenebilir. Öğrenci grupları sahip oldukları ve süreçte kendilerine gerekli olacağını düşündükleri bilgileri dile getirdiklerinde “Mühendislik/Tasarım Bilgisi, Fen Bilgisi ve Matematik Bilgisi” olmak üzere üç temel unsur tespit edilmiştir. Yapılan derslerde öğrencilerin bir STEM projesi üretme esnasında gereksinim duyacakları bilgi ve beceriye dair (örneğin, tasarım becerisi, matematik ve fen bilimleri ihtiyacı gibi) farkındalıklarının oluştuğu gözlemlenmiştir. Katılımcı öğrenciler, uygulanan dersler esnasında mühendislik tasarım sürecini deneyimlemiş ve bir tasarım ortaya çıkarmışlardır. Mühendislik tasarım süreci, gerçek yaşam mühendislik problemine yönelik tasarım gerçekleştirmek için STEM disiplinlerinin bütünleştirilmesini gerektirir. Mühendislik tasarım sürecini içeren STEM eğitimi öğrencileri daha anlamlı ve özgün etkinliklerle meşgul eder, meraklarını ortaya çıkarır ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirir (Moreno ve diğerleri, 2016). Gerçek yaşamda mühendislik, matematik ve fen ile bir arada bulunur ve mühendislik tasarım problemlerini çözmek isteyen öğrencilerin matematik ve fen alanlarına ilişkin bilgi ve becerilerinin de artacağı alanyazında belirtilmektedir (Bozkurt-Altan ve diğerleri, 2015). Ortaokul yılları öğrencilerin mühendislik ilkelerini tanınması ve uygulaması için önemlidir (Moreno ve diğerleri, 2016). Uygulayıcı araştırmacı tarafından yapılan gözlemlerde, öğrencilerin ürünü tasarlama ve yapım aşamalarında grup arkadaşlarıyla ve diğer gruplarla işbirliği yaptığı, süreçte yaşadıkları sorunlara çözümler geliştirdiği, ürünün yapım aşamasından keyif aldıkları gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada öğrencilerin gözlem yapma, ölçme, verileri kaydetme, sayı ve uzay ilişkileri kullanma, verileri yorumlama, sonuç çıkarma, verileri kullanma ve model oluşturma gibi becerileri kullanması gerekmiştir. Knezek, Christensen, Tyler-Wood ve Periathiruvadi (2013) tarafından 6. ve 7. Sınıf öğrencileriyle yürütülen bir STEM projesinde; öğrenciler elektrikli ev aletlerinin bekleme modunda tükettiği elektriği ölçmüş, bir ailenin elektrik faturasını düşürmek ve küresel ısınmaya katkıda bulunan sera gazı emisyonlarını düşürecek proje geliştirmek için arkadaşlarıyla veri toplamışlardır. Çalışma ile öğrencilerin STEM içerik bilgilerinde kazanımlar elde ettiği ve yaratıcılık eğilimlerine katkı sağladığı belirtilmiştir. Fen bilimleri öğretmenleri ile yapılan bir çalışmada öğretmenlerin, STEM temelli etkinliklerin öğrencilerde motivasyonu ve ilgiyi arttıracığına, bilimsel süreç becerilerini ve yaratıcılığı geliştireceğine inandığı belirtilmiştir (Eroğlu ve Bektaş, 2016). Benzer şekilde, Bozkurt-Altan ve diğerleri

(2015) tarafından yapılan çalışmada, öğretmen adayları mühendislik tasarım sürecinin yaparak öğrenmeyi ve kalıcı öğrenmeyi sağladığını, motive edici olduğunu ve sorgulamaya dayalı olduğunu ifade etmiştir. Öğretmen adaylarının inançlarına paralel olarak bu çalışmada da öğrencilerin derse oldukça motive olduğu ve mühendislik tasarımı esnasında elde ettikleri verilere ve sonuçlara dair sorgulayıcı oldukları tespit edilmiştir.

STEM çalışmalarının en somut çıktısı mühendislik tasarımları olmaktadır. Kennedy ve Odell'e (2014) göre yüksek kaliteli STEM eğitimi programları; mühendislik tasarımı ve problem çözme, bir problemi tanımlama, çözümde yenilikçilik, prototip oluşturma, değerlendirme ve yeniden tasarlama süreçlerini teşvik etmelidir. Yapılan çalışmada öğrenciler mühendislik becerilerini kullanarak tasarım ortaya çıkarmışlardır. Ardından tasarımlarını test ederek temel mühendislik becerilerini kullanmışlardır. Bu süreçte öğrencilerin eksik ya da kullanışlı olmayan malzeme tespit ettiklerinde farklı çözümler geliştirdikleri de belirlenmiştir. Taştan-Akdağ ve Güneş'in (2017) çalışmasındaki öğrenci görüşleri de bizim araştırmamızı destekler niteliktedir. Söz konusu çalışmada öğrenciler STEM etkinliklerinin yaratıcılığı geliştirdiğini, eksik malzeme olması halinde çözüm bulma becerilerinin arttığını ifade etmişlerdir. Mühendislik tasarımı içeren STEM projeleri öğrencilerin fen ve matematik bilgisini, iletişim becerilerini geliştirirken, STEM disiplinlerine yönelik ilgiyi ve olumlu tutumu artırır (Lesseig, Slavit ve Nelson, 2017).

Sorgulama süreçlerinde öğrencilerin sıklıkla başvurduğu beceri olan akıl yürütme becerisi bireylerin matematiği kavrayabilmeleri ve kullanabilmelerinde önemli bir yere sahiptir. Akıl yürütme becerisi öğrencilerin mantığa dayalı çıkarımlarda bulunabilmelerine, kendi düşüncelerini açıklarken matematiksel modelleri, kurallar ve ilişkileri kurabilmelerine, problem çözümü yaparken alternatif yollar önerebilmeleri ve bu önerdikleri yolları savunabilmelerine, incelenen olgunun sürecine dair tahminlerde bulunabilmelerine yardımcı olmaktadır. Oran orantı konusu da öğrencilerin akıl yürütme becerilerini kullanabilecekleri akıl yürütme türlerinden birisidir (Umay, 2003). Akıl yürütme becerisi sadece matematik derslerinde değil kimya, fizik ve fen bilimleri derslerinde de sıklıkla kullanılmakta olup, fen ve matematik derslerinde akademik başarı için gerekli bir beceri olduğunun altı çizilmiştir (Al-Wattban, 2001; Greenes ve Findell, 1999; Heller, Ahlgren, Post, Behr ve Lesh, 1989). Matematik dersi öğretim programında 7. sınıfta yer alan "oranları verilen çoklukları belirlemeleri, gerçek hayat durumlarını inceleyerek orantısal durumları tespit etmeleri, doğru ve ters orantılı çoklukları anlayarak ilgili problemleri çözmeleri beklenmektedir" (MEB, 2018, s. 12) ifadesine göre çalışmanın örnekleme olan yaş grubunun orantı konusuna dair bilgi

sahibi olması beklenmektedir. Ancak çalışma kağıtları incelendiğinde matematiksel hatalarının büyük çoğunluğunun kurmaları gereken basit oran ve orantı içeren orantısal akıl yürütme ile ilgili problemlerden kaynaklandığı görülmüştür. Bu duruma benzer şekilde alanyazındaki pek çok çalışmada hem çocukların hem de yetişkinlerin zorluklar çektiği ifade edilmiştir (Ben-Chaim, Fey, Fitzgerald, Benedetto ve Miller, 1998; Heller ve diğerleri, 1989; Reiss, Behr, Lesh ve Post, 1985; Singh, 2000).

Çalışmanın bir diğer önemli bulgusu ise öğrencilerin elde ettikleri matematiksel sonuçların günlük yaşamdaki anlamlılıklarını değerlendirememiş olmalarıdır. Bu değerlendirme süreci matematiksel modelleme döngüsünün (Bliss, Fowler ve Galluzzo, 2014) önemli bir bileşeni olup modeli analiz etme ve değerlendirme basamağında kullanılan bir uygulamadır. Öğrenciler buldukları matematiksel modeli gerçek yaşam durumunu açıklayıp açıklamamasına bakarak, açıklamaması halinde modele geri dönerek yeniden bir model oluşturmaları ile gerçekleştirilmektedir. Öğrencilerin yapılan matematiksel incelemeler sonucunda geliştirdiği model bir fonksiyon, grafik veya tablo olabilir (Erbaş ve diğerleri, 2014). Dolayısı ile yapılan dersler esnasında gerek ders içi gerek ise ders dışı sürelerde öğrenciler yaptıkları gözlem verilerini tablolara kaydederek bir matematiksel model oluşturmuşlar ve elde ettikleri sonuçların gerçek yaşam ile tutarlılığını değerlendirmişlerdir. Ancak bu süreçte zorlandıkları belirlenmiştir. Bunun nedeni olarak ise ne matematik ne de fen bilgisi derslerinde bir matematiksel model oluşturma ve bu model yardımı ile gerçek yaşam durumlarını yorumlama üzerine bir eğitim almamış olmaları gösterilebilir. Öğrencilerin yaptıkları değerlendirmelere dayanarak çıkarımlarda bulunmaları, yapılan bu STEM temeli derslerde matematiksel model süreçlerinin de etkin kullanıldığını göstermektedir.

Öğrencilerin çevreci sifon tasarımına dair taslak ve ölçekli çizimleri her biri kendi içinde incelenmiş sonra da karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Taslak çizimler incelendiğinde fen bilgisi ilkelerinden sıvı basıncını üç grubun dikkate almadığı, sadece iki grubun bileşik kaplardaki sıvı basıncı ilkesini göz önünde bulundurarak çizim yaptıkları belirlenmiştir. Ölçekli çizimlere bakıldığında ise öğrenciler ölçek kavramını anlamlı olarak kullanamamışlardır. Yaptığımız çalışmada da öğrenciler tasarladıkları ürünün taslak ve ölçekli çizimini yapmış, daha sonra çizimlerine dayanarak ürünü oluşturmuşlar, bu süreçte mühendisliğin tasarımla ilişkisini deneyimlemişlerdir. Mühendislik tasarım içeren STEM projelerinde taslak çizimleri planlama ve oluşturma, problem çözmenin önemli bir özelliği olarak görülmektedir (English ve diğerleri, 2017). Gökbayrak ve Karışan (2017) tarafından yapılan çalışmada, 6.sınıf öğrencilerinin STEM etkinlikleri yaparken mühendislik bilgisi

kullandıkları, tasarımlar yaptıkları, öğrencilerin büyük bölümünün mühendisliğin tasarım ile ilişkili olduğunu düşündükleri belirtilmektedir.

Bu çalışmada öğrenciler gruplar halinde etkinliği gerçekleştirmişlerdir. Yapılan etkinliklerde öğrencilerin grup içinde görev paylaşımı yaptıkları, araştırma yaptıkları ve araştırma sonuçlarını tartıştıkları, olası sonuçları paylaştıkları ve sorunlara çözüm yolları geliştirdikleri gözlemlenmiştir. Ayrıca öğrencilerin etkinlikler esnasında motivasyonlarının yüksek olduğu ve tasarımlarını test etme aşamasında oldukça heyecanlı oldukları, tasarımlarının başarılı şekilde çalıştığını gördüklerinde başarı duygusunu hissettikleri gözlemlenmiştir. Benzer sonuçlara alanyazında başka çalışmalarda da ulaşıldığı görülmüştür. Vennix, Brok ve Taconis (2017) problem temelli STEM etkinliklerinin öğrencilerin STEM disiplinlerine yönelik motivasyonunu arttırdığını belirtmiştir. Taştan-Akdağ ve Güneş'in (2017) çalışmasında öğrenciler STEM etkinliğinde grup çalışması ve iş bölümü yaptıklarını, sorumluluk aldıklarını ve sorunlar karşısında birlikte çözüm aradıklarını ifade etmiştir. Yasak (2017) tarafından ortaokul 8. sınıf öğrencileri ile yapılan STEM uygulamaları ile ilgili görüşmelerde; öğrenciler disiplinli çalışma ortamı bulduklarını, akranlarıyla fikir alışverişi fırsatı yakaladıklarını, verimli çalışma gerçekleştirdiklerini ve çalışmalarını grupta görev dağılımı içerisinde yaptıklarını ifade etmiştir.

Sonuç olarak hazırlanan STEM temelli ders planının uygulanmasında öğrenciler bir mühendislik tasarımını oluşturmayı deneyimlemiş, malzeme bilgisine dair farkındalıkları artmış, grup çalışması yapmayı deneyimlemiş, günlük yaşamdaki bir problemi matematiksel verilere dayanarak incelemiş, tablolar oluşturmuş ve matematiksel model geliştirmişlerdir. Bunlara ek olarak ise su tasarrufu konusunda farkındalıkları artmıştır.

Bu çalışmanın sonucunda gelecek çalışmalarda geliştirilen STEM temelli ders planlarının farklı örneklerde de uygulanması ve elde edilen sonuçların karşılaştırılması önerilebilir. Araştırmacılara katılımcı öğrencilerle görüşmeler de yaparak derinlemesine bir durum analizi yapılması önerilebilir.

Etik Kurul İzin Bilgisi: Bu çalışmanın verileri 2019 yılında toplandığından etik kurul izni alınmamıştır.

Yazar Çıkar Çatışması Bilgisi: Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkısı: Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamıştır.

Kaynakça

- Al-Wattban, M. (2001). *Proportional reasoning and working memory capacity among saudi adolescents: a neo-piagetion investigation* (unpublished doctoral dissertation). The University of Northen of Colorada, Greeley, Colorada.
- Aydiner-Boylu, A. ve Yertutan, C. (2012). Erkeklerin evde enerji ve su tasarrufu konusundaki alışkanlık ve satın alma odaklı davranışlarının incelenmesi. *Sosyo Ekonomi, 1*, 157-172.
- Barth, M., & Rieckmann, M. (2012). Academic staff development as a catalyst for curriculum change towards education for sustainable development: an output perspective. *Journal of Cleaner Production, 26*, 28-36. doi:10.1016/j.jclepro.2011.12.011.
- Becker, K. & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education, 12* (5 & 6), 23-37.
- Ben-Chaim, D., Fey, J. T., Fitzgerald, W. M., Benedetto, C., & Miller, J. (1998). Proportional reasoning among 7th grade students with different curricular experiences. *Educational Studies in Mathematics, 36*, 247-273.
- Bliss, K. M., Fowler, K. R., & Galluzzo, B. J. (2014). *Math modeling: Getting started and getting solutions*. Philadelphia, PA: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Bozkurt Altan, E., Yamak, H. ve Buluş Kırıkkaya, E. (2016). FeTeMM eğitim yaklaşımının öğretmen eğitiminde uygulanmasına yönelik bir öneri: tasarım temelli fen eğitimi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 6*(2), 212-232.
- Candan-Helvaci, S., & Helvaci, İ. (2019). An interdisciplinary environmental education approach: determining the effects of E-STEM activity on environmental awareness. *Universal Journal of Educational Research, 7*(2), 337-346. Doi: 10.13189/ujer.2019.070205
- Cebrian, G., & Junyent, M. (2015). Competencies in education for sustainable development: Exploring the student teachers' views. *Sustainability, 7*, 2768-2786; doi:10.3390/su7032768

- Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: implications for educating our teachers for the age of innovation. *Eğitim ve Bilim*, 39(171),
- Çorlu, M. S. (2017). STEM: bütünleşik öğretmenlik çerçevesi. M. S. Çorlu & E. Çallı (Ed.), *STEM kuram ve uygulamalarıyla fen, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitimi* (s. 1–10). İstanbul: Pusula.
- Çorlu, M. S. ve Çallı, E. (2017). *STEM kuram ve uygulamalarıyla fen, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitimi*. İstanbul: Pusula.
- DeCoito, I., & Myszkal, P. (2018). Connecting science instruction and teachers' self-efficacy and beliefs in STEM education. *Journal of Science Teacher Education*, 29(6), 485-503. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1473748>.
- Donna, J. D. (2012). A model for professional development to promote engineering design as an integrative pedagogy within STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(2), 1-8. <https://doi.org/10.5703/1288284314866>
- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(14), 1-18.
- English, L. D., King, D., & Smeed, J. (2017). Advancing integrated STEM learning through engineering design: Sixth-grade students' design and construction of earthquake resistant buildings. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 255-271. <https://doi.org/10.1080/00220671.2016.1264053>.
- Erbaş, A. K., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., Alacacı, C., ve Baş, S. (2014). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme: Temel kavramlar ve farklı yaklaşımlar. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1-21.
- Eroğlu, S. ve Bektaş, O. (2016). STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin STEM temelli ders etkinlikleri hakkındaki görüşleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 43-67. <https://doi.org/10.14689/issn.2148-2624.1.4c3s3m>
- Fraenkel, J.R., & Wallen, N.E. (1996). *How to design and evaluate research*. USA: Mc. Fraw-Hill Inc.

- Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: a primer*. Congressional Research Service. [Available online at: <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/R42642.pdf>], Retrieved on April 17, 2020.
- Gökbayrak, S. ve Karışan, D. (2017). Altıncı sınıf öğrencilerinin FeTeMM temelli etkinlikler hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Alan Eğitimi Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 25-40.
- Greenes, C., & Findell, C. (1999). Developing students' algebraic reasoning abilities. In L. V. Stiff (Ed.), *Developing mathematical reasoning in grades K-12*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- Heller, P. M., Ahlgren, A., Post, T., Behr, M., & Lesh, R. (1989). Proportional reasoning: the effect of two content variables, rate type, and problem setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(3), 205-220.
- Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavit, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.
- Knezek, G., Christensen, R., Tyler-Wood, T., & Periathiruvadi, S. (2013). Impact of environmental power monitoring activities on middle school student perceptions of STEM. *Science Education International*, 24(1), 98-123.
- Kuvaç, M. (2018). *Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (stem) temelli çevre eğitime yönelik öğretim tasarımının etkililiği*. (Yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Üniversitesi, Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. İstanbul.
- Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh, & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 3-33). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lesseig, K., Slavit, D., & Nelson, T. H. (2017). Jumping on the STEM bandwagon: How middle grades students and teachers can benefit from STEM experiences. *Middle School Journal*, 48(3), 15-24. DOI: 10.1080/00940771.2017.1297663.

- Manly, C. A., Wells, R. S., & Kommers, S. (2018). The influence of STEM definitions for research on women's college attainment. *International Journal of STEM Education*, 5(45), 1-5. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0144-1>.
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(2), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>.
- Maxwell, J. A. (1992). Understanding and validity in qualitative research. *Harvard Educational Review*, 62(3), 279-300. <http://dx.doi.org/10.17763/haer.62.3>.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2016). *STEM eğitimi raporu*. Milli Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (YEĞİTEK), Ankara. [Çevrim-içi: http://yegitek.meb.gov.tr/STEM_Egitimi_Raporu.pdf], Erişim tarihi: 12.07.2020.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı*, Ankara. [Çevrim-içi: <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=325>], Erişim tarihi: 17.09.2020.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). *Matematik dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*, Ankara. [Çevrim-içi: <https://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201813017165445-MATEMAT%20C4%B0K%20C3%96%20C4%9E%20PROGRAMI%202018v.pdf>], Erişim tarihi: 29.10.2020.
- Moreno, N. P., Tharp, B. Z., Vogt, G., Newell, A. D., & Burnett, C. A. (2016). Preparing students for middle school through after-school STEM activities. *Journal of Science Education and Technology*, 25(6), 889-897. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9643-3>
- NGSS, (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press. [Available online at: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=18290], Retrieved on 19.05.2020.
- Nguyen, T. P. L.; Nguyen, T. H., & Tran, T. K. (2020). STEM education in secondary schools: teachers' perspective towards sustainable development. *Sustainability*, 12, 1-16. doi:10.3390/su12218865

- Özçakır Sümen, Ö., & Çalışıcı, H. (2016). Pre-service teachers' mind maps and opinions on STEM education implemented in an environmental literacy course. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 16, 459-476.
- Reiss, M., Behr, M., Lesh, R., & Post, T. (1985). Cognitive processes and products in proportional reasoning. In L. Streefland (Ed.), *Proceedings of the Ninth International Conference for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 352-356). Noordwijkerhout (Utrecht), Holland: PME.
- Singh, P. (2000). Understanding the concepts of proportion and ratio constructed by two grade six students. *Educational Studies in Mathematics*, 43, 271-292
- Smith, C., & Watson, J. (2016). STEM and education for sustainability: Finding common ground for a thriveable future. Proceedings of the 2016 Australian Association for Research in Education (AARE) Conference, 27 November - 1 December 2016, Melbourne, Victoria, Australia, 1-11. [Available online at: <http://www.aare.edu.au/pages/2016-conference-mcg-melbourne-vic-.html>], Retrieved on 04.02.2020.
- Stohlmann, M., Moore, T., & Roehrig, G. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28-34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Suh, H., & Han, S. (2019). Promoting sustainability in university classrooms using a STEM project with mathematical modeling. *Sustainability*, 11(3080), 1-22. <https://doi.org/10.3390/su11113080>.
- Taştan Akdağ, F. ve Güneş, T. (2017). Enerji konusunda yapılan STEM uygulamaları ile ilgili Fen Lisesi öğrenci ve öğretmen görüşleri. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 3(5), 1643-1656.
- Tikly, L., Joubert, M., Barrett, A. M., Bainton, D., Cameron, L., & Doyle, D. (2018). *Supporting secondary school STEM education for sustainable development in Africa*. University of Bristol, Bristol Working Papers in Education Series. [Available online at: <https://www.bristol.ac.uk/media-library/sites/education/documents/Supporting%20Secondary%20School%20STEM%20Education%20for%20Sustainable%20Development%20in%20Africa.pdf>], Retrieved on 30.09.2020.

- TÜSİAD, (2017). *2023'e doğru Türkiye'de STEM gereksinimi*. [Çevrim-içi: <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/9735-2023-e-dog-ru-tu-rkiye-de-stem-gereksinimi>], Erişim tarihi: 10.06.2020.
- Umay, A. (2003). Matematiksel muhakeme yeteneği. *Hacettepe Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 234- 243.
- UN [United Nations], (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. [Available online at: <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>], Retrieved on 05.12.2020.
- UNESCO [United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization], (2018). *Issues and trends in education for sustainable development*. [Available online at: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261445>], Retrieved on 05.12.2020.
- Vennix, J., den Brok, P., & Taconis, R. (2017). Perceptions of STEM-based outreach learning activities in secondary education. *Learning Environments Research*, 20(1), 21-46. <https://doi.org/10.1007/s10984-016-9217-6>
- Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1-13. <https://doi.org/10.5703/1288284314636>
- WCED [World Commission on Environment and Development], (1987). *Report of the world commission on environmental and development: our common future*. [Available online at: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>], Retrieved on 07.12.2020.
- Yasak, M. T. (2017). *Tasarım temelli fen eğitiminde, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik uygulamaları: basınç konusu örneği*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Cumhuriyet Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Sivas
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yin, R. K. (2012). *Applications of case study research (3rd ed.)*. Washington DC: SAGE Publications, Inc.

EK 1: Bilgi Temelli Hayat Problemi (BTHP)

Kendinizi bir mühendis olarak hayal ediniz ve evlerde suyun tasarruflu kullanımına yönelik bir proje hazırlamanız gerekmektedir. Projede lavabolarda el – yüz yıkama, bulaşık durulama gibi işlemlerde kullanılan sabunlu-deterjanlı suların lavabo gider borusundan tuvalet rezervuarına akması ve rezervuarda biriktirilen sabunlu suların sifon çekilince tuvalet temizliğinde kullanılması gerekmektedir. Lavabo sularının toplandığı ve kullanıldığı “Çevreci Sifon” tasarlamamız ve basit malzemelerle tasarımımızı prototip olarak yapmanız ve test etmeniz beklenmektedir.

EK 2: Araştırma Soruları

1. Suyun canlılar için önemi nelerdir?
2. Temiz (içilebilir) su kaynaklarının korunması için neler yapabiliriz?
3. Temiz (içilebilir) suyu nasıl tasarruflu kullanabiliriz?
4. Temiz (içilebilir) suların gereksiz kullanımının ve su israfının önüne nasıl geçebiliriz?
5. Lavabolarda el yıkama gibi işlemlerde kullanılan suyu lavabo gider borusundan tuvaletin rezervuarlarına doldurup nasıl biriktirebiliriz? Çevreci sifon sisteminin taslağını çiziniz.

EK 3: Araştırma Kayıt (Bilgi Edinme) Defteri

1. Projeye yönelik hangi bilgiye sahipsiniz, ne biliyorsunuz?
2. Projeyi tasarlama, planlama ve prototipi yapma aşamalarında hangi yeni bilgiye ihtiyacınız olacak? Ne bilmeniz gerekiyor?
3. Proje ile ilgili araştırma yöntem ve kaynaklarınız nelerdir? Nasıl ve hangi kriterlere göre araştırarak, seçecek, sağlamasını yapacaksınız? Nasıl raporlayacaksınız?
4. Bu projeyi gerçekleştirme sürecinde neler öğrendiniz? Araştırma raporunuzu sununuz.



Reflections from the Application of STEM Based Environmental Siphon Activity

Sadık USLU*, Burçak BOZ YAMAN**

• **Received:** 30.08.2020 • **Accepted:** 18.05.2021 • **Online First:** 24.05.2021

Abstract

In this research, "Environmental Siphon Activity," considered a STEM project, was applied, and the results based on this application were examined. Twenty-six students studying in the 7th grade of a secondary school in the Aegean Region constitute the study participants. A case study, one of the qualitative research designs, was used in the study. In the study, the worksheets used by the participants during the course were examined by document analysis for qualitative evaluations, and frequency analyzes were applied by using three different rubrics for quantitative evaluations. In the research, students were expected to use their mathematical skills effectively by creating an engineering design for the reuse of wastewater. However, it has been determined that students have problems in mathematical reasoning and evaluating the significance of mathematical results. In addition, it has been observed that they use science concepts effectively and develop an awareness of material knowledge while creating engineering designs.

Keywords: STEM activity; domestic liquid wastes; education for sustainable development, science.

Atıf:

Uslu, S. & Boz Yaman, B. (2021). Reflections from the application of stem-based environmental siphon activity. *Pamukkale University Journal of Education*, 53, 457-494. doi: 10.9779/pauefd.787908

* Teacher, Republic of Turkey Ministry of National Education, ORCID ID: 0000-0003-1175-277X, sadikuslu48@gmail.com

** Assoc. Prof. Dr., Muğla Sıtkı Koçman University, Faculty of Education, ORCID ID: 0000-0002-0922-3652, burcak@mu.edu.tr

Introduction

In today's world, where technology is rapidly developing, while professional groups differ, the qualifications that these professional groups expect from individuals are also changing. One of these expectations is to gain expertise in areas that combine more than one discipline instead of focusing on one subject and becoming its expert. For this reason, it has been observed that the importance of science, mathematics, engineering, and technology (STEM) education has increased in recent years (Becker & Park, 2011; Manly, Wells & Kommers, 2018). Increasing students' interest in STEM fields, encouraging the new generation to receive education in these fields, and enabling them to participate in the STEM workforce in the future are among the objectives of STEM education (DeCoito & Myszkal, 2018; Kennedy and Odell, 2014). Many researchers predict that nations will greatly need the STEM workforce in the twenty-first century (Corlu, Capraro & Capraro, 2014; English, King & Smeed, 2017). It has been emphasized that our country will need a workforce to work in STEM fields in order to compete in the global economy in the 21st century (Turkish Industry and Business Association [TÜSİAD], 2017).

Çorlu and Çallı (2017) define STEM education as teaching by integrating the special knowledge and skills in the center with the other STEM disciplines. Due to the nature of the discipline in the center, in the STEM applications, which include the basic elements of the relevant discipline; that is, in science-focused (S) activities, students are expected to design an experiment and perform the steps themselves, such as creating an experiment template, which are the requirements of the experiment. Similarly, T, technology, which is included in STEM, emerges as students' using technology actively and creating software elements such as coding themselves, redesigning existing code lists, and contributing to the process. In engineering design, which is the E of STEM, the main target is for students to develop working prototypes. An example of this is the rocket and paper airplane which Donna (2012) and English and King (2015) got teachers and 4th-grade students to design in their studies. Finally, M in STEM represents mathematics and requires a mathematical model beyond mathematical operations in STEM activities. On the other hand, mathematical modeling involves creating a mathematical model by mathematicizing a daily life problem and analyzing it with this model and testing the suitability of mathematical solutions to the daily life problem (Lesh & Doerr, 2003). In this context, the elements that can be handled as a mathematical model can be a

formula or an equation, as well as patterns developed to create a table, draw graphics or observe relationships.

STEM education is interdisciplinary in nature and aims to enable students to look at problems from an interdisciplinary perspective and gain knowledge and skills through a holistic approach to education (Holmlund, Lesseig & Slavit, 2018). By establishing a connection between STEM education and subject content and real-life problems, it can be ensured that students can transfer information to different disciplines (Kennedy & Odell, 2014; Margot & Kettler, 2019; Stohlmann, Moore & Roehrig, 2012). In addition, STEM education includes educational activities from pre-school to post-graduate levels in formal and informal settings (Gonzalez & Kuenzi, 2012). It is stated that the STEM education approach is aimed is to train generations that have research, questioning, critical and analytical thinking, problem-solving, and decision-making skills, and also to direct talented students to the departments of science, mathematics, engineering, and technology of universities (Ministry of National Education [MoNE], 2016). In the curriculum named "Next Generation Science Standards" published in the United States in 2013, STEM education was underlined, and action plans were presented to continue this education starting from pre-school to middle school and high school (NGSS, 2013). In the Science Curriculum, which was renewed in 2018 in our country, STEM education was emphasized, and under the title of field-specific skills, engineering and design skills were included for the first time, and scientific process skills and life skills (MoNE, 2018).

Although educators and researchers are aware of the importance of STEM education, there is no consensus on how this education should be (Wang, Moore, Roehrig & Park, 2011). Informal education, STEM disciplines are taught separately, and there are no engineering courses (Bozkurt-Altan, Yamak & Buluş-Kırıkkaya, 2015). However, integrating engineering applications with other STEM disciplines plays an important role in imparting engineering and design skills to students and achieving the targeted, holistic learning. STEM offers students the opportunity to experience holistic learning through real-life problems instead of learning parts. With a STEM program, students should be fostered to apply their knowledge of mathematics, science, and engineering, design and conduct experiments, analyze and interpret data, and communicate and collaborate with teams (Wang et al., 2011).

A framework including six main principles for effective STEM education at primary, middle, and high school levels has been proposed by Margot and Kettler (2019). In this framework, the following elements are emphasized; (a) inclusion of mathematics and science

objectives, (b) student-centered pedagogy, (c) delivery of lessons in an interesting and stimulating context, (d) inclusion of engineering design, (e) students' learning to make mistakes, and (f) teamwork (Margot & Kettler, 2019).

In our country, the most important factors that make it difficult to integrate STEM into the educational process can be shown as teaching science and mathematics lessons separately, not having engineering applications as a separate course, and application of centrally-imposed curriculums in schools. However, STEM education can be carried out by integrating the content knowledge of each course with the principles and practices of other STEM disciplines. For this integration, Çorlu and Çallı (2017) recommended the "STEM Cycline" in which the processes of these lessons are explained so that STEM education can be applied in the classes of science and mathematics teachers. According to Çorlu and Çallı (2017), STEM Cycline consists of cognitive process, social product, and planning instruction. The cognitive process consists of authentic problems of the knowledge society (APKS), fact-finding, ideation, and constraints. The social product phase includes product development, refinement, dissemination, and reflection. On the other hand, planning instruction consists of the stages of engage, explore, explain, extend, and evaluate. These stages are summarized in the figure given below.

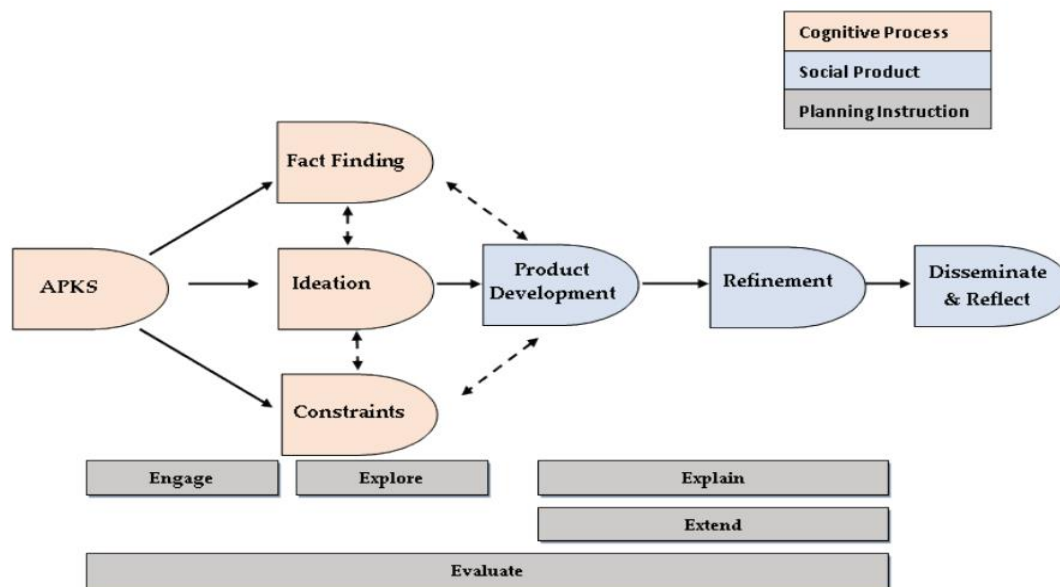


Figure 1. STEM cycle adapted from Çorlu (2017)

The STEM cycle guided the implementation process of the activity created in the current study. The environmental siphon activity was created as APKS, and this activity was

designed in such a way as to include stages to allow students to make observations in their own lives. The details of these stages are given in the following sections.

Another area suggested to be integrated with STEM education in recent years is sustainable development education (Kuvaç, 2018). The negative effects of environmental degradation, including depletion of natural resources and desertification, drought, land degradation, freshwater scarcity, loss of biodiversity, and climate change, are among the problems humanity has faced in recent years (United Nations [UN], 2015). Rapidly increasing environmental degradation has led to global economic, environmental, social, and cultural changes. Sustainable development is defined as "meeting the needs of today without compromising the ability to meet the needs of future generations" (World Commission on Environment and Development [WCED], 1987). Sustainable development has environmental, economic, and socio-cultural dimensions that are interconnected and embedded. Education processes are critical for the achievement of sustainable development (Barth & Rieckmann, 2012). In sustainable development education, it is aimed that students acquire knowledge, skills, attitudes, and values in cognitive, affective, and behavioral areas related to sustainability (Cebrian & Junyent, 2015). Sustainable development education is interdisciplinary and requires student-centered methods to be dominant in learning environments. According to the report published by UNESCO in 2018, basic learning processes compatible with sustainable development education are cooperation and communication, integrated approach, innovation, active and participatory learning. One of the educational approaches that can be used in such learning processes is STEM. With STEM education, students' engaging with real-life problems through an interdisciplinary and integrated approach and gaining knowledge and skills support sustainable development education. Developing STEM knowledge of individuals is important in responding to global challenges such as climate change, global warming, melting glaciers, air pollution, loss of biological diversity, and complex sustainability problems (Tikly, Joubert, Barrett, Bainton, Cameron & Doyle, 2018).

A STEM-based environmental education activity was implemented in the study conducted by Candan-Helvaci and Helvaci (2019) with the participation of 18 middle school students. At the end of the study, it was stated that the students' views on STEM disciplines, environmental awareness, and STEM-based environmental education activities were positive. The study conducted by Kuvaç (2018) on pre-service teachers stated that STEM-based environmental education made a statistically significant contribution to the pre-service science

teachers' environmental knowledge, environmental attitude, environmentally friendly behavior, and attitude towards 21st-century learning and perception of STEM. Similarly, in the study conducted by Özçakır-Sümen and Çalışıcı (2016) with the participation of 42 pre-service teachers, a total of six STEM activities were implemented in the environmental education course. At the end of the study, by examining the mind maps prepared by the pre-service teachers, it was stated that the pre-service teachers had a rich conceptual structure regarding STEM education and that they associated STEM fields with each other and with environmental education.

In the literature review conducted by Smith and Watson (2016), the integration of STEM education with sustainability education was discussed. It was suggested that individuals would apply STEM knowledge and skills to solve sustainability and environmental problems based on economic or international competition. In their study, Nguyen, Nguyen, and Tran (2020) interviewed 635 teachers working in STEM disciplines in middle schools and stated that the teachers wanted to use STEM education to address real-life sustainability problems such as pollution, sustainable consumption, and production, energy, and water-saving. The study conducted by Suh and Han (2019) on 42 university students investigated how a STEM project-affected student competencies related to sustainability by using mathematical modeling applied for six weeks in mathematics lessons. The study stated that the students perceived the mathematical modeling and the STEM project to be useful in recognizing existing problems, predicting future social changes, and identifying possible solutions to balance the needs of current and future generations.

In the literature review briefly summarized above, through the integration of sustainable development education with STEM, individuals are expected to use their STEM knowledge and skills to solve current sustainability problems or future economic, environmental, and social problems in order to achieve a goal of sustainable life (Nguyen et al., 2020; Smith & Watson, 2016; Suh & Han, 2019). In addition, with STEM education, it is emphasized that individuals should acquire environmental information, develop a positive attitude towards the environment and develop environmentally-friendly behaviors (Candan-Helvaci & Helvaci, 2019; Kuvac, 2018; Özçakır-Sümen & Çalışıcı, 2016).

Since sustainability and environmental problems are related to society and the real world, it has been stated that STEM studies can have a great impact on students, and it is recommended in the literature that teachers should prepare STEM lesson plans integrated with sustainable development education and examine how students interact in groups (Suh & Han,

2019). For this reason, the current study aimed to apply and examine the application of a lesson plan based on sustainable development education, including a STEM activity and bringing the S, M, and E of STEM to the fore with middle school students. The problem of access to clean water has been among the most important issues in recent years. Due to decreasing water resources and changing natural balances, clean water resources are gradually decreasing, and the world's people are faced with an unfair distribution in terms of access to clean water (UN, 2015). Therefore, studies should be carried out on the new generation's understanding of sustainable development and clean water. We have to teach and make them internalize how to contribute to water conservation and sustainable development, especially through education. It should be the duty of teachers, educators, and families to provide this education in the most effective ways so that life on Earth and future generations do not experience a shortage of natural resources and we can leave a liveable world behind.

In the implementation process of this activity, students' experiences were examined. For this reason, the current study aimed to evaluate students' success, their awareness of the importance of water, and the stages of their drawing and demonstrating design products in the implementation process of STEM activity. In this context, the questions guiding the study were determined as four stages (research question stage, experiment and observation stage, engineering and design stage, product and presentation stage) based on the STEM cycle stages: At the stage of the research question, the APKS process of the STEM cycle was taken as the basis. At this stage, where they are expected to examine a daily life situation, the students were given some observation questions, and they were expected to answer these questions in line with their observations. While the students are making observations, the teacher is expected to guide and question the students' observations. The questions determined for the "research question stage" are as follows:

Research question stage:

1. What are the students' comments about the importance of clean water for living beings in the research questions in the Authentic Problems of Knowledge Society?
2. What is the students' success over the research (obtaining information) rubric¹ during the research process of the Authentic Problems of Knowledge Society?

¹ Information obtaining rubric of Çorlu and Çallı (2017, p. 236) was used.

3. What is the students' awareness of the information required in solving the Authentic Problems of Knowledge Society?

In the stage of the STEM cycle, which is defined as Fact Finding, Ideation, and Constraints, students are expected to make sense of the information they have obtained by examining the research question within a context. At this stage, where students are expected to make controlled observations and experiments in environments prepared by the teacher, students who work in groups must systematically record the results of the experiment and evaluate the mathematical data. The research problems for this stage are given below:

Experiment and observation stage:

4. During the observation and experiment stage carried out during the Authentic Problems of Knowledge Society examination, how do students make mathematical sense of the observation results and report the results of the experiment?

5. What are the mathematical achievements of students in the experimental and observation stage?

Students are expected to create an engineering design in the "Product Development" stage of the STEM cycline. By presenting the design creation processes of students at stages, the teacher expects students first to create the draft drawings of their designs and then draw a scaled version of the actual product, in other words, the reduced version of the actual product to a certain extent. The research questions designed for this stage are given below:

Engineering and design stage:

6. How are the draft and scaled drawings that students put forward for their designs during the engineering and design stage of the solution to the Authentic Problems of Knowledge Society?

7. What elements do students pay attention to or overlook in their draft and scaled drawings?

The "Test, Share and Reflect" stages of the STEM cycle are considered the product and presentation stage in the current study, and at this stage, students are expected to test their developed prototypes and identify successful prototypes. While groups explain and share the working system of their prototypes with other students through presentations, the teacher determines their success by evaluating this process with observation forms. In this context, the problems of the study are as follows:

Product and presentation stage:

8. What is students' success regarding the creation and presentation of the products during the product and presentation stage of the Authentic Problems of Knowledge Society?

Method

Research Design

The case study design, one of the qualitative research methods, was employed in the current study. A case study is a method researching a current phenomenon in its life frame and is used in situations where there is more than one data source (Yin, 2012). In the current study, documents analysis was conducted on the worksheets used by the participants during the teaching and on the field notes taken by the researcher. Within the context of the document analysis, the analysis of all the written materials containing information about the phenomenon or facts aimed to be investigated is conducted (Yıldırım & Şimşek, 2008). In addition, quantitative approaches were used to analyze the data obtained from the rubrics through which the processes the participants underwent were evaluated. In the qualitative dimension of the study, the groups formed by the students were taken as the analysis unit.

Study Group

The piloting of this lesson plan was carried out with 20 students in the spring semester of the 2016-2017 school year, and after the lesson plan was revised, the actual study was carried out in the spring semester of the 2017-2018 school year. Participants of the study were selected using the convenience sampling method (Fraenkel & Wallen, 1996). The 7th-grade students who were instructed by the first author, a science teacher at the school, were determined as the study group. The students in the study group were informed about the study, and their consent for participation in the study was gained. The students' parents were also informed about the study in a meeting, the details of the study were explained to them, they were asked whether they would accept the participation of their children in the study, and their consents were individually sought. The reason for selecting the 7th graders as the study participants were the subject "domestic wastes" in the 7th-grade science course curriculum.

The first researcher wanted to prepare a lesson plan and implement it based on the STEM cycle to observe the gains she acquired within the context of the STEM workshops she had participated in and her doctoral studies and to observe the processes engaged in by the students. The first author, who set out with this goal, selected the most appropriate topic in the curriculum in order to examine the students' development of social responsibility and understanding of sustainability by looking at the topics to be covered in the relevant semester

and prepared a STEM lesson plan together with the second author, who is an expert in mathematics education.

The 26 students in the classroom where the lesson plan would be implemented were divided into six groups and carried out the assigned tasks in 5 class hours in 3 weeks. The processes involved in the 3-week STEM lessons are explained in detail below. The groups were formed by allowing the students to choose their group members.

Delivery of the STEM-Based Lessons

In the STEM activity used in the current study, the emphasis on each field will not be the same. The greatest emphasis is placed on science, followed by mathematics, engineering, and technology within the activity. The contexts in which these STEM fields contribute to the activity are presented in Table 1.

Table 1. *The scopes of the STEM fields in the activity*

Priority of the STEM disciplines in the study	The subject contents and concepts through which the STEM disciplines are related to the study
1. Science	<ul style="list-style-type: none"> • Domestic liquid wastes • Efficient use of resources • Fluid pressure • Science process skills • Life skills (21st-century skills)
2. Mathematics	<ul style="list-style-type: none"> • Mathematical modeling • Direct proportion and inverse proportion • Scaling (drawing by paying attention to proportions) • Percentage calculation
3. Engineering	<ul style="list-style-type: none"> • Ideation • Designing and building • Product testing and evaluation • Restructuring
4. Technology	<ul style="list-style-type: none"> • Researching

The planning phase of the lesson and the project subject was prepared based on the STEM cycline introduced by Çorlu (2017). In the first week of the 3-week STEM-based lessons, the groups of students were determined, and the "Environmental Siphon Construction" problem (Appendix 1), which was prepared as an Authentic Problem of

Knowledge Society (APKS), was introduced. With this problem, the introduction was made to the lesson, and thus, the STEM-based lesson was started.

In the introduction phase, the students were encouraged to produce ideas about the APKS and the related tasks distributed to the groups and discuss what could be done. After this process, an in-class discussion environment on the importance of water was conducted, and at the end of the lesson, the research questions (Appendix 2) were given to the students as homework, and it was stated that they would be discussed in the next lesson.

In the second week, 2 class hours were allocated to the STEM-based lesson. In this process, the students developed ideas and gained information by discussing with their friends outside and in the classroom. The answers to the questions given as homework in the previous week were shared in the classroom through the explanations made by the spokespeople selected in the groups. At the end of this question-answering process, the students were expected to draw the draft of the environmental siphon that they had to design as a solution to the APKS. The students' draft drawings were collected, the research logbooks were distributed, and the students were asked to answer the questions about the research they did in the process and the data they obtained. In the second part of the lesson, which lasted for 2 class hours, the students were taken to the school garden and were asked to observe the "Volume of the Water Flowing from the Tap" in the fountains in the garden. The students were asked to measure how much water flowed from a tap per unit time during this observation. Thus, the students were expected to record the data and fill in the observation form on the water used in their houses as homework. The next week, they were asked to draw the draft that they had done in the class as homework in scale. Finally, they were asked to make a list of the materials to be used to produce their "Environmental Siphon" designs and bring these materials to the class.

In the 3rd week (last 2 class hours), the students discussed their answers to the relevant questions in groups, based on the observation chart they filled in, and questioned the consistency of their observations. The groups, who handed in the scaled drawings of the environmental siphon they drew as a draft to the teacher, progressed onto the stage of creating the product with the materials they had. At the product creating stage, all the students went to the laboratory and created the environmental siphon they had drawn with the materials they had brought. They tested their design using water. After the students finished the product they created, they demonstrated their products with a presentation they prepared and explained

their designs to their classmates. These processes described above are summarized in Table 2.

Table 2. *The 3-week application process of the study*

Weeks and Class Hours	Tasks Performed in the Class	Tasks Assigned as Homework
1 st week-1 class hour	<ul style="list-style-type: none"> • Student groups were formed. • Authentic Problem of Knowledge Society was introduced to the students. • A whole-class discussion was conducted on the importance of water. 	<ul style="list-style-type: none"> • Research questions
2 nd week-2 class hours	<ul style="list-style-type: none"> • The students answered the discussion questions. • The students completed the draft drawings of the environmental siphon. • The research logbooks (Appendix 3) were handed out to the students. • The observation named "The Volume of Water Flowing from the Tap" was made. • The students listed materials required to build the environmental siphon. 	<ul style="list-style-type: none"> • Observation chart regarding water used in our house • Scaled drawing of the environmental siphon • Provision of the materials in the list
3 rd week-2 class hours	<ul style="list-style-type: none"> • The data in the observation chart regarding water used in our house were discussed with the students. • The environmental siphon was built. 	

- The environmental siphon was tested. It was questioned why some of the siphons were not working.
- The demonstration of the products created in groups was made.

Data Collection Tools

The current study was designed to implement a STEM-based lesson plan that lasted 5 class hours in 3 weeks. After the pilot implementation of this lesson plan, the lesson plan was revised in line with the feedbacks given by a researcher specialized in the field of STEM. The field expert stated that the lesson plan he/she examined was suitable for seventh graders and suggested that the APKS should be given in the earlier stage of the lesson plan. The five primary data sources used in evaluating the implemented lesson plan are presented in Table 3. In addition to these, although not used as the primary data source, the practitioner-researcher also took field notes during the process, and these notes were used as a supportive element during the data analysis.

Table 3. *Data sources*

Data source	Content of the data source	Intended use
1. Student worksheets	Questions to conduct investigations on the APKS	On the worksheet, including the APKS and research questions, the students answered the questions prepared about the environmental siphon and water saving.
2. The observation report for the volume of the water flowing from the tap	Observation charts were prepared for the students to enter the experimental data.	The volume of water flowing from the tap was calculated by observing the volume of water flowing per unit time. Based on these calculations, the students could determine the water they spent in their domestic life with the observation chart. During these operations, the students' computational
The observation chart regarding water used in our house and related questions		

		skills and their mathematical reasoning skills were examined.
3. The research logbook (Obtaining information) and the questions in the content of this logbook	It is a logbook prepared for students to write how they did their research and what they paid attention to in a reflective framework.	With this logbook, students' ability to obtain information and to evaluate the information they had acquired was examined.
4. Draft and scaled drawings on the environmental siphon activity	Students were expected to draw a drawing about the siphon they wanted to create. They were expected to use the drawings, which were in the form of scribbling at first, then they were expected to produce detailed and scaled drawings of the product.	Students' designs were evaluated with these drawings. The skills of understanding the concept of proportion and of performing operations by measuring lengths were evaluated.
5. Research (obtaining information), social products and social product presentation rubrics	With the research rubric, it was aimed to question the research process conducted by the students and with the social product and social product presentation rubrics, it was aimed to evaluate the products created by the groups and how they presented their product to the audience.	The research (obtaining information) rubric (p.236), social product rubric (p.237) and social product presentation rubric (p.238) developed by Çorlu and Çallı (2017) were used. With the research rubric, students' ability to research, with the social product rubric, their ability to create products and with the social product presentation rubric, their ability to present their products were evaluated.

Among the data sources, there are student worksheets including the APKS with the topic of water saving and the relevant research questions. The worksheet was prepared by the researchers and tested with a pilot study, and then some changes were made to increase its comprehensibility. The second data source is the observation report titled "The Volume of Water Flowing from the Tap" and the "Observation Chart for Water Used in Our House", which the students filled out by making observations at home, and their answers to the questions about this chart. The third data source is the research record logbook (obtaining information) designed by Çorlu and Çallı (2017) for students to write what they have learned during the process and the answers given to the questions included in the content of this logbook. The fourth data source is the draft and scaled drawings produced by the students about their environmental siphon designs. The fifth and the last data source is the 3 rubrics developed by Çorlu and Çallı (2017). These rubrics are research (obtaining information), social product and social product presentation rubrics. These rubrics use the score interval of 1-4 points and they were scored by the researcher having conducted the implementation.

Data Analysis

The answers given by the student groups to the research questions used before starting the first lesson, what was written in the research logbooks and the answers given to the questions in the observation chart were coded using the open coding method. The coding process was carried out by both researchers coming side by side, examining all the data together, discussing and evaluating them. Apart from these, the rubrics used were scored with a point ranging from 1 to 4 and the points obtained in this way were converted into percentages in order to determine the levels of success and compare them.

Validity Study

For the validity analysis of the study, five dimensions proposed by Maxwell (1992) were taken into consideration. The first of these is descriptive validity and it involves presenting the investigated phenomenon with all its details. In this connection, the researchers aimed to examine the concept of water saving in the context of a STEM-based lesson plan and achieved this by having them go through processes that would enable them to produce a design product. Another dimension is theoretical validity, in other words, internal validity and it requires the theoretical analysis of the element addressed in the research. In this context, the theoretical work of Çorlu and Çallı (2017) was taken as the basis. The interpretative validity, that is, the ability to present the process objectively, is about how well the researchers convey their comments on the situations in the research (Maxwell, 1992). Accordingly, the phenomenon

examined in the study was presented using multiple measurement and evaluation tools. The personal experiences of the first researcher, who had been a teacher of the students for two years, also rendered the evaluation process of the phenomenon being studied more objective.

The fourth dimension put forward by Maxwell (1992) for the concept of validity is generalizability validity also called external validity. The lesson plan studied and produced in the research was explained in detail so that it could be used for other studies and this explanation was supported with visuals. The last dimension is the evaluation validity, which is about the process' being clear, understandable, having consistent results and being approvable by other researchers. In this context, the research process in the current study was described in detail and explained in a way that would not lead to any question marks. The opinions and suggestions of two experienced researchers, who are experts in the field of science education, were taken regarding the presentation of the research.

Findings

Since the current study aims to examine the stages students go through while creating a STEM project and to make comments on these processes, the findings obtained for each of the inquiries are presented under a separate subheading.

What are the students' comments about the importance of clean water for living beings during the research process?

Within the context of the first problem of the current study, clean water, which is expected to be researched by students in the research stage of the Authentic Problem of Knowledge Society and their research on its use are gathered under two basic elements (Figure 2).

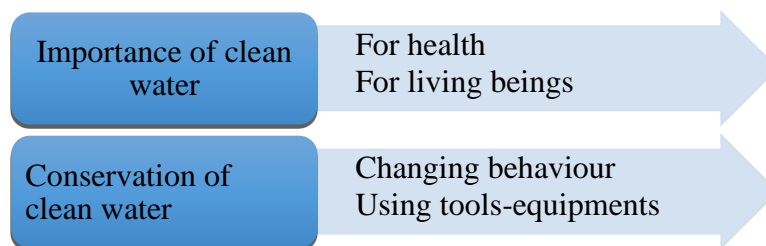


Figure 2. *Research questions analysis*

As can be seen in Figure 2, when the codes derived from the questions that the students answered in groups were examined, it was determined that the students expressed the importance of water in the context of continuity of life, health and need, and examined the conversion of clean water within the context of behaviour changes in relation to using equipment, reuse and purification. In the question about water saving (washing vegetables,

cleaning the balcony, car washing, etc.), they touched on issues such as finding ways to reuse, not using it unnecessarily, not leaving the taps open, taking a short shower, repairing broken taps, replacing old machines and using new tools and purifying by giving examples. Some of the student answers are given below:

Group 3: Living organisms are made up of cells, and in order for cells to maintain the vitality of the organism, they must be alive themselves. But cells cannot survive without water.

Group 5: Clean the places such as balcony with a broom. Water the garden in the evening or in the morning because evaporation is high at noon.

Group 6: Broken taps should be repaired.

What is the students' state of achievement in obtaining information during the research process?

The Research (obtaining information) Rubric (Çorlu & Çallı, 2017) was used to evaluate the students' research processes. As a result of the evaluations made on the quality of the information obtained, the resources used, the state of using the information obtaining logbook and the sharing of the tasks within the group, 5 of the groups were found to have a high percentage of achievement (75% and more) while one of the groups (Group 1) was found to have a moderate level of achievement (50%). The Group 1 got low scores especially from the evaluations made on the quality of the information and the resources used as they did not do enough research and did not properly fill in the information obtaining logbook. When the student groups were asked the resource of the research they conducted, all of them stated that it was the internet. However, they did not make any inquiry on the reliability and scientificity of the resources they found in the internet.

What is the students' awareness of the information they will need in the process of investigating the APKS?

As shown in Figure 3, three themes emerged from the codes obtained from the research logbooks where the student groups kept records of the data they collected from the moment they started working. When the groups expressed the information that they had and that they thought would be necessary for them in the process, three basic elements were identified, namely "Engineering / Design Knowledge, Science and Mathematics Knowledge". While the groups listed what knowledge they had, they mentioned some concepts such as fluid pressure, water saving and water saving methods.

Group 3: *We need to know how communicating vessels work.*

Group 2: *We must know how to calculate how many litres of water flow per minute.*

In addition, they expressed the need for knowledge of design and the working mechanism of the product they would design.

Group 5: *We must know how to make the environmental siphon.*

Group 1: *We must know the working mechanism of siphons.*

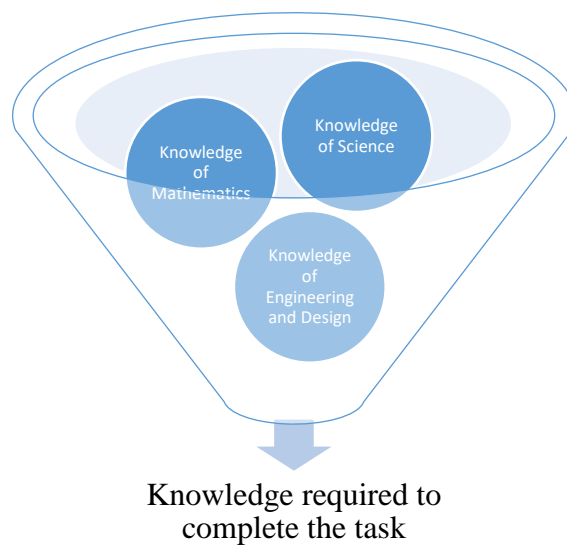


Figure 3. *Research notebook analysis results*

What are the students' experiences of science and mathematics in the stages of design and observation?

When the students were asked to write what they learned during the design in a report, there was no group that could do this. When the answers of the groups who wrote what they had learned with only a few sentences were examined, it was seen that there were groups who mentioned that they learned how to observe fluid pressure and the process related to it, and that they learned about water saving because it was an issue widely discussed in various environments.

Group 2: *Through our knowledge about the fluid pressure, we learned that when we discharge the water from one side, it comes out from the other side.*

Group 5: *We learned to calculate the amount of water flowing in an average of 1 hour.*

According to the results of the analysis of the data obtained from the "Volume of Water Flowing from the Tap" observation and the "Observation Chart of Water Used in Our House", which is the third of the data sources, it was determined that they first made mathematical observations, made mathematical operations and investigations based on these observations, and finally used the obtained mathematical results to make sense of the daily life situation. These processes are stages students are expected to go through in daily life problems, and these stages could be clearly observed within the scope of the STEM project.

What is the students' mathematical achievement in the process of investigating the APKS?

In this investigation, the data obtained from the students were evaluated under 3 themes. These themes are; *Mathematical Observation, Knowledge of Mathematics and Transferring to Daily Life.*

In the theme of "*Mathematical Observation*", the data obtained from the chart and experiment report in which the students recorded the measurement results while making the observation named "Volume of Water Flowing from the Tap" and the stages of subjecting these data to mathematical operations were examined. The groups clarified the numerical data they obtained by repeating the measurement process several times and minimized measurement errors. Thus, they had the opportunity to observe a mathematical result by acquiring a vital experience of how much water can be filled in a container every minute.

According to the data obtained from the field notes taken by the practitioner researcher while observing the student groups, the student groups kept some variables constant while collecting data on how much water flowed from the tap per minute (for example, the flow of water from the tap was fast on the first attempt, slower on the second attempt, or keeping time intervals broader or narrower), they tried to clarify their mathematical observations. Based on this, they recorded the data they obtained in the charts given to them. The researchers examined the accuracy values of these data by looking at the data recorded by the students in the charts and coded the data as "true-false". While 3 groups from among the 6 groups could obtain correct data during the observation process, the data obtained by the other 3 groups were coded as "false". For example, while the data of Group 1 in Figure 4 are close to the real findings, the data of Group 6 in Figure 5 are far from the real findings.

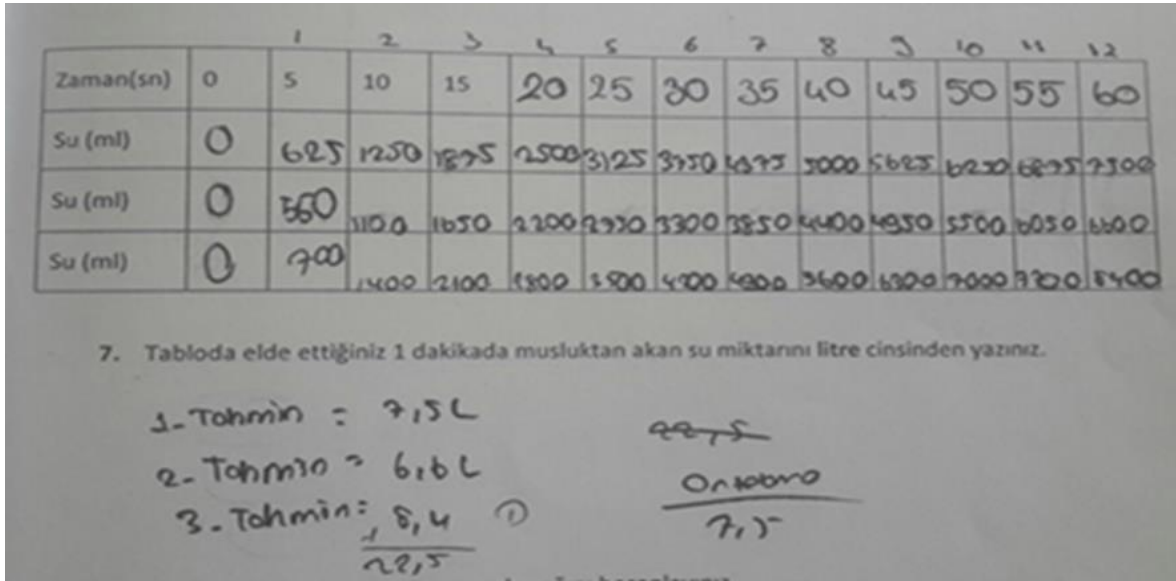


Figure 4. Data charts of Group 1 regarding the volume of water flowing from the tap

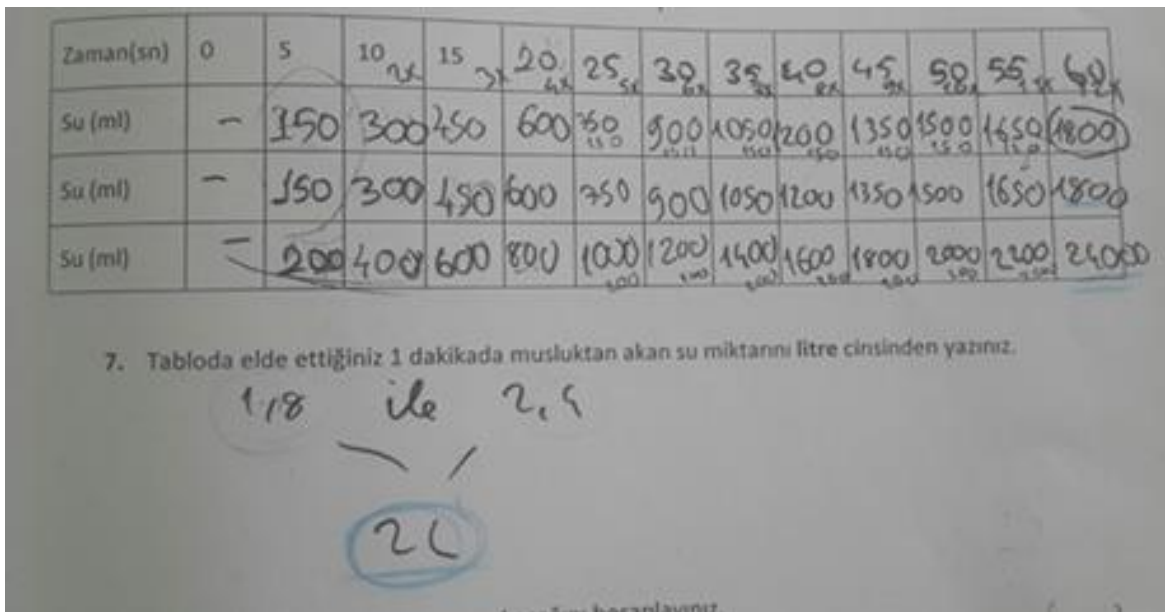


Figure 5. Data charts of Group 6 regarding the volume of water flowing from the tap

The reasons behind this situation are thought to be that the students kept the water flow rate, which was the flow rate of the water they observed by turning on the tap, very low, or the problems they experienced while keeping the time during the flow of water.

At this stage where the students' mathematical examinations were evaluated, the second theme was found to be theme of "Knowledge of Mathematics" and this theme was obtained based on the data revealed by the measurement tool titled "Observation Chart and Questions". Through these questions, the students were asked to conduct investigations on

issues such as what changes observations made in a unit time can undergo in a day (*Question 1: How many litres of water per minute can flow from a tap used in homes?*), sizes and water capacity of a reservoir (*Question 2: How many litres of water can a siphon reservoir take? You can calculate the volume of the reservoir by measuring the sizes with the help of a ruler.*), the relationship between the water consumed by a reservoir and the clean water consumed during the day (*Question 3: How many litres of clean water are going from the reservoir to the toilet in a day in our house?*), how much clean water can be saved in a day with an environmental siphon (*Question 4: Approximately how many litres of water are used in our home for simple tasks such as hand and face washing, fruit and vegetable washing and dish washing?*; *Question 5: With this method, how many litres of clean water can we save in our home in a day?*; *Question 6: With this method, how many litres of water can be saved in your district in a day?*). When the mathematical answers given to these questions were examined, it was determined that there were operation errors and that the conversion between cm³ and litre could not be made. In these determinations, the results were evaluated in 3 categories as "completely false, incomplete and acceptable". In completely false results, the cases where mathematical operations were wrong and numerical data did not match with possible answers were discussed.

During the analysis of the data in terms of mathematical operations, the data was classified as "incomplete" in cases where although the result of the operation performed was given, the process itself was not explained or where an unacceptable number was used in the calculation of one of the sizes while calculating the volume of the reservoir. For example, Group 6 made mistakes in multiplication and expressing the numbers in the question in which the students were expected to calculate the amount of water to be saved by using the environmental siphon by the population of a district. This can be seen in Figure 6. Thus, these data were coded as "incomplete".

$$\begin{array}{r}
 109.800 \\
 \times 9.500 \text{ (C)} \\
 \hline
 544.000 \\
 + 9832.00 \\
 \hline
 1039.600000
 \end{array}$$

Figure 6. The answer given by Group 6 to the 6th question

Finally, in the results considered to be "acceptable" in the questions in which the data were examined within the context of the knowledge of mathematics, the results obtained by

the students had to be within reasonable limits. For example, when it was already told to students that a total of 14 litres of water flow from the tap under normal pressure in a minute, and then they were asked to calculate the amount of water coming from this tap under reduced pressure, if they answered this question for example as 7-8 litres, then this answer was considered to be "acceptable". For this reason, the answer given by Group 1 to this question as 7.5 litres was considered to be acceptable in Figure 7.

Handwritten student work showing a list of three measurements and a calculation:

$$\begin{array}{l} 1. \text{ölçüm} \Rightarrow 7,5 \\ 2. \text{ölçüm} \Rightarrow 6,6 \\ 3. \text{ölçüm} \Rightarrow 8,4 \\ \hline 22,5 \end{array}$$

$$\frac{22,5}{3} = 7,5$$

Figure 7. The acceptable answer given to the 1st question by Group 1

The graph in Figure 8 was obtained when the data of the answers given by the student groups, which were examined as completely incorrect, incomplete and acceptable, were given 0, 1 and 2 points, respectively. According to this, out of 12 points, the groups have an achievement below 50% in the theme of "the knowledge of mathematics" of the whole activity. When examined on the basis of individual questions, the groups that were highly unsuccessful in the 6th question were most successful in the 1st question according to the total score columns shown in Figure 8. The first question is about determining how many litres of water will flow per minute from a tap at home by making use of the experiment conducted by the students themselves, and the answer to this question was actually obtained from the experiment of the volume of water flowing from the tap in the garden. However, despite this, the students still could not use the results they obtained from their own experiment in a similar question asked a week later and could not transfer their findings to the new situation.

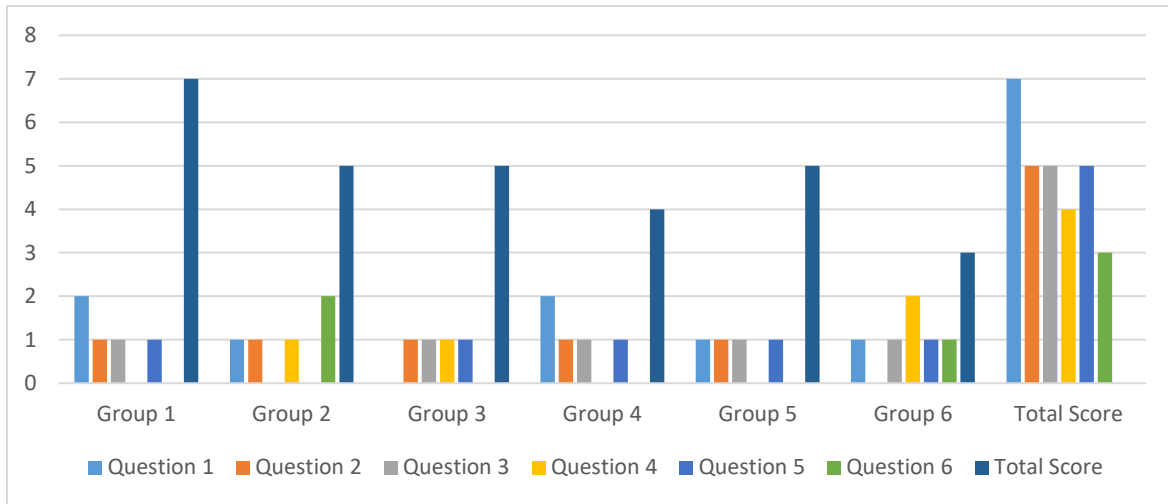


Figure 8. *The state of achievement in the theme of the knowledge of mathematics*

When the total score columns in Figure 8 are examined, it is seen that the question in which the groups are most unsuccessful is the 6th question. In this question, the students are expected to know the population of the district they live in, multiply this number with the amount of water consumed a result of their observations, and thus to calculate how many litres of water they can save in the whole district. Therefore, the reason for this failure in the results was determined to be the fact that they could not find the population of the district, that their estimates were wrong, that they committed some mistakes in the multiplication processes and in the transformation operations of liquid measurements. As a result, the students could not demonstrate the success expected from them in mathematical operations.

The third theme obtained as a result of the evaluation of the students' works related to mathematical operations is the theme of "*Transferring it to Daily Life*" and under this theme, the results of associating the data and numerical values obtained by the students as a result of measurements and observations with their meaning in daily life were evaluated. These results emerged as a result of the examination of the relationship between the mathematical records and data that the students kept in the Observation Chart and the Questions Chart and the real life. These data were analyzed in two categories as "acceptable (1 point)" and "unacceptable (0 point)". For example, to the question asking for the sizes of a reservoir, Group 3 answered that the depth of the reservoir is 6 cm and to the question asking for the capacity of the reservoir, Group 6 answered as 6300 litres and these two answers were considered to be "unacceptable". On the other hand, an answer, which coincides with the daily life data and has accepted numerical values, was considered "acceptable". When the acceptability of the answers given by the groups on the basis of each question is examined by comparing the

mathematical values with the daily life data, as can be seen in the graphic in Figure 9, the answers of Group 2 are more acceptable than the other groups, but the acceptability of the answers of the other groups is quite low. This situation shows that the students accepted the results they obtained while performing operations with numerical data without thinking about their meaning in daily life. As given in the example above, a student's finding the possibility of having 6300 litres of water in a reservoir as reasonable is evidence indicating that the realities of numerical data were not taken into account.

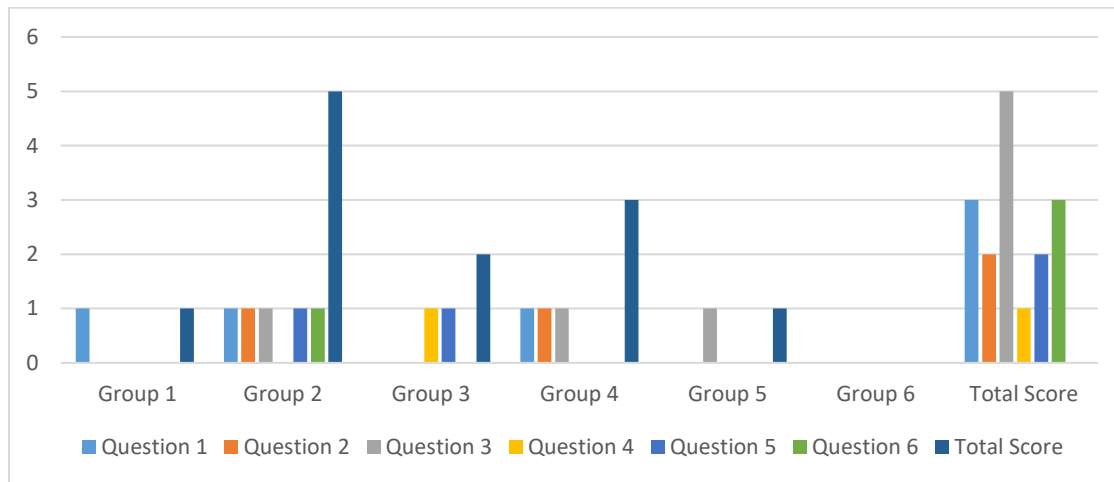


Figure 9. *The State of Success in the Theme of Transferring to Daily Life*

When the graph in Figure 9 is examined, it is seen that the most difficult question for the groups is the 4th question. This question asks for the calculation of the total amount of water consumed at home, and the students needed to collect the data in the chart they had already filled out and interpret these data in the context of daily life. However, it was determined that the students had difficulties in transferring the data to the chart such as reading, creating and filling a chart. As can be seen in the total score columns, the highest number of correct answers were given to the third question. This question asks for the calculation of the amount of clean water going from a reservoir to the toilet. What should be done here is to calculate the volume of the reservoir and estimate the number of times the reservoir will be used in a day and multiply the volume by the number of use. This operation was performed by the groups except for Groups 1 and 6 in an acceptable manner.

How are the draft and scaled drawings produced by the students?

Each of these drawings was examined in itself and then evaluated comparatively. In individual examinations, the point of attention for both the draft and scaled drawings was whether the

principle of fluid pressure was taken into consideration from the basic knowledge of science, whether real-life details were included and whether realistic scaling was performed for the scaled drawings. Group 3 did not produce the draft drawing while Group 6 did not produce the scaled drawing. When the draft drawings were examined, it was determined that three groups did not take into account the fluid pressure, which is one of the science principles, and only two groups drew by considering the principle of fluid pressure in the communicating vessels. Groups 1, 2 and 5 did not take the principle of fluid pressure into account and Group 1 drew the siphon somewhere below the tap (the exact opposite is true in real life), Group 2 drew the siphon somewhere above the vessel where the water is stored (but there should be a flow from the vessel to the siphon). Finally, Group 5 drew the vessels at the same height and thus ignored the principle of fluid pressure. Group 4, one of the groups taking the principle of fluid pressure into account, drew the vessel that it specified as the sink above the vessel it specified as the siphon. Group 6, on the other hand, drew a vessel they called water tank where water is stored and then drew another vessel they called the house and placed the water tank above the house, indicating that they took the principle of fluid pressure into consideration. The second element examined in these drawings was the inclusion of the objects of daily life; for example, whether the concepts such as siphon, tank or tap are illustrated either with the words written on the objects in the drawings or clearly depicted in the drawings. An example of a scaled drawing belonging to a group is given in Figure 10.

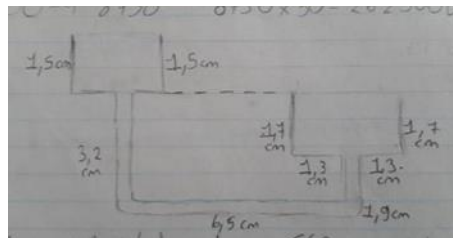


Figure 10. *An example of a scaled drawing*

When the scaled drawings were examined, it was determined that the groups, except for Group 6, which did not make any drawing, and Groups 1 and 4, which did not scale although they had drawings, produced scaled drawings by paying attention to mathematical measurements. However, the students could not use the concept of scale meaningfully, because no group wrote what percentage reduction they made against the actual size of the product. For this reason, the realism of the scaled drawings produced by the students could not be evaluated. However, as determined in the observation notes of the researcher who

carried out the application, the students had efficient discussions in the group to consider the reduction of the size of a real siphon, but they could not show this scaling in their drawings.

What is the students' success in terms of their products and presentations?

The groups went to a laboratory to construct their environmental siphon on the basis of their drawings. To this end, they used the materials they had already brought. However, when they tested their products, they realized that some materials did not work and started a search for new materials. For example, when they observed that the pieces of their design, which they connected with tape, came apart as a result of the test they conducted by using water, a group decided to use play dough instead of tape and made use of the materials of another group which had already brought play dough. One of the products designed by the students is shown in Figure 11.



Figure 11. *A sample engineering product designed by the students*

The evaluation of the products produced by the groups was made with the Social Product Rubric used by the researcher who carried out the application. In the Social Product Rubric, criteria such as students' ability to develop ideas, the relevance of these ideas to the related problem, the quality of the product in terms of integrity and accuracy, the use of materials and originality are taken as the basis. All the groups achieved a very high level of success (75% and above) from this rubric, indicating that they produced adequate and functional products. It was observed that the students had difficulty in producing draft and scaled drawings, but they were more successful in making the product with simple materials in the laboratory environment. This situation can be explained by the students' giving the final form of the product by following the stages of conducting within-group discussions, testing by designing, evaluating, rebuilding or improving the non-working product, and retesting. Finally, with the presentation rubric of the social product, the readiness of the groups, their mastery of the subject and presentation skills were evaluated. In addition to these, the students' proper and effective use of science and mathematics concepts were also taken into

consideration by the teacher. The student groups were found to be quite successful (75% and above) and they were found sufficient in terms of their readiness and mastery of the subject.

Discussion and Suggestions

The researchers designed and implemented a STEM-based lesson plan in the current study and evaluated the implementation process and students' experiences. The content of the lesson prepared is based on fluid pressure and water saving, and an "environmental siphon" project that could be used in saving clean water was designed. The most important aim of this activity is to increase students' awareness of sustainable development, conservation of clean water and the use of water without wasting, and in this context, to determine the competencies of students in STEM fields.

The sixth of the sustainable development goals published by the United Nations in 2015 was declared as "To ensure access to clean water and to provide wastewater services and sustainable water management for all" (UN, 2015). To this end, a great emphasis is put on the sustainability of water resources, access to clean water, protection of clean water from pollution, water saving and treatment of wastewater. In the current study, the students expressed the importance of water for living beings within the context of continuity of life, health and need and they expressed the importance of protection of clean water within the context of behaviour changes such as the correct use of tools and equipments, reuse and purification. Aydiner-Boylu and Yertutan (2012) found in their study that water saving behaviour increases as the level of education increases. For this reason, it is important to raise awareness about the importance of water for living things and life and about saving water at basic education levels such as primary and middle schools. In the current study, it was ensured that the students did research on the protection of clean water resources and water saving, and an environment was prepared for students to discuss the results of their research in the classroom. In this process, it can be said that the students focused on the importance and protection of clean water, which is one of the basic needs in the world we live in, through the opportunities provided for them to observe the wasted water with mathematical operations and measurements, to make predictions for the whole district and to try to come up with a design that would prevent this waste. When the student groups expressed the information that they had and that they thought would be necessary for them in the process, three basic elements were identified, namely "Engineering / Design Knowledge, Science and Mathematics Knowledge". During the lessons, it was observed that the students developed the awareness of the knowledge and skills they would need during the production of a STEM

project (such as design skills, mathematics and science needs). The participating students experienced the engineering design process during the lessons and came up with a design. The engineering design process requires the integration of STEM disciplines for a real life engineering problem design. STEM education, which includes the engineering design process, engages students with more meaningful and original activities, nurtures their curiosity and improves their critical thinking skills (Moreno et al., 2016). In real life, engineering coexists with mathematics and science and it is stated in the literature that students who want to solve engineering design problems will increase their knowledge and skills in the fields of mathematics and science (Bozkurt-Altan et al., 2015). Middle school years are important for students to get to know and apply engineering principles (Moreno et al., 2016). In the observations made by the practitioner researcher, it was observed that the students collaborated with their group members and other groups during the design and production stages of the product, developed solutions to the problems they experienced during the process, and enjoyed the production phase of the product. In the current study, the students were required to use skills such as observing, measuring, recording data, using number and space relationships, interpreting data, drawing conclusions, using data and creating models. In a STEM project conducted by Knezek, Christensen, Tyler-Wood and Periathiruvadi (2013) with the participation of 6th and 7th grade students, the students measured the electricity consumed by electrical appliances in standby mode and collected data together with their classmates about how to reduce a family's electricity bill and greenhouse gas emissions so that they could contribute to decreasing global warming. With the study, it was stated that the students developed their STEM content knowledge and their creativity. In a study conducted on science teachers, it was stated that the teachers believed STEM-based activities would increase students' motivation and interest, and improve their scientific process skills and creativity (Eroğlu & Bektaş, 2016). Similarly, in the study conducted by Bozkurt-Altan et al. (2015), the pre-service teachers stated that the engineering design process provided the opportunity to learn by doing and to make learning more permanent and was motivating and based on inquiry. Parallel to the pre-service teachers' beliefs, in the current study, it was found that the students were highly motivated for the lesson and were questioning about the data and results they obtained during the engineering design.

The most concrete output of STEM studies is engineering designs. According to Kennedy and Odell (2014), high-quality STEM education programs should encourage the involvement in the processes of engineering design and problem solving, defining a problem,

innovation in solution, prototyping, evaluation and redesigning. In the current study, the students created a design by using their engineering skills. Then they tested their designs and used their basic engineering skills. In this process, it was determined that the students developed different solutions when they detected missing or not useful materials. Student views elicited in the study by Taştan-Akdağ and Güneş (2017) also support the findings of the current study. In their study, they also reported that that STEM activities improved students' creativity and ability to find solutions when there were missing materials. STEM projects involving engineering design improve students' science and mathematics knowledge and communication skills, while increasing interest in and positive attitude towards STEM disciplines (Lesseig, Slavit & Nelson, 2017).

Reasoning skill, which is a skill frequently used by students in inquiry processes, has an important place in individuals' ability to comprehend and use mathematics. Reasoning skill helps students to make logical inferences, to establish mathematical models, rules and relationships while explaining their own thoughts, to suggest alternative ways while solving problems and to defend these suggested ways, and to make predictions about the process of the phenomenon being studied. The subject of ratio-proportion is also one of the types of reasoning through which students can use their reasoning skill (Umay, 2003). Reasoning skill is frequently used not only in mathematics lessons but also in chemistry, physics and science lessons, and it is underlined that it is a necessary skill for academic success in science and mathematics lessons (Al-Wattban, 2001; Greenes & Findell, 1999; Heller, Ahlgren, Post, Behr & Lesh, 1989). According to the objective stated in the 7th grade math curriculum "they are expected to determine the multiplicities whose proportions are given, to determine the proportional situations by examining the real life situations, to understand the correct and inversely proportional multiplicities and to solve the related problems" (MoNE, 2018, p.12), the students in the study group of the current research are expected to have information about the subject of proportion. However, when the worksheets of the students were examined, it was seen that the majority of mathematical errors were caused by problems related to proportional reasoning, including simple ratios and proportions. Similarly, in many studies in the literature, it has been stated that both children and adults have difficulties (Ben-Chaim, Fey, Fitzgerald, Benedetto, & Miller, 1998; Heller et al., 1989; Reiss, Behr, Lesh, & Post, 1985; Singh, 2000).

Another important finding of the study is that the students could not evaluate the meaning of the mathematical results they obtained in daily life. This evaluation process is an

important component of the mathematical modelling cycle (Bliss, Fowler, & Galluzzo, 2014) and is an application used in analyzing and evaluating the model. The model developed by students as a result of mathematical analyses can be a function, graphic or table (Erbaş et al., 2014). Therefore, during the lessons, both in-class and out-of-class periods, the students created a mathematical model by recording their observations in charts and evaluated the consistency of the results they obtained against real life. However, it was determined that they had difficulties in this process. The reason for this can be that they did not receive any training in neither mathematics nor science lessons on creating a mathematical model and interpreting real life situations with the help of this model. The students' making inferences based on their evaluations showed that mathematical model processes were also used effectively in these STEM-based lessons.

Each of the draft and scaled drawings of the students for the environmental siphon design was examined in itself and then evaluated comparatively. When the draft drawings were examined, it was determined that three groups did not take into account the fluid pressure, which is one of the science principles, and only two groups drew by considering the principle of fluid pressure in communicating vessels. When the scaled drawings were examined, it was seen that the students could not use the concept of scale meaningfully. In the current study, the students produced the draft and scaled drawings of the product they designed, then created the product based on their drawings, and experienced the relationship of engineering with design in this process. Planning and creating draft drawings in STEM projects involving engineering design are seen as an important feature of problem solving (English et al., 2017). In the study by Gökbayrak and Karışan (2017), it was stated that 6th grade students used engineering knowledge while doing STEM activities, they made designs, and most of the students thought that engineering is related to design.

In the current study, the students carried out the activity in groups. During the activities, it was observed that the students shared tasks in the group, conducted research and discussed research results, shared possible results and developed solutions to problems. In addition, it was observed that the students were highly motivated during the activities, they were very excited during the testing of their designs, and they felt a sense of accomplishment when they saw that their designs were working successfully. It has been observed that similar results have been reached in other studies in the literature. Vennix, Brok and Taconis (2017) stated that problem-based STEM activities increased students' motivation towards STEM disciplines. In their study, Taştan-Akdağ and Güneş (2017) stated that students worked in

groups in collaboration in the STEM activity, took responsibility and looked for solutions together in the face of problems. In the interviews conducted by Yasak (2017) with middle school 8th grade students about STEM applications, the students stated that they found a disciplined working environment, had the opportunity to exchange ideas with their peers, worked efficiently and carried out their work in the group with tasks distributed among the group members.

As a result, in the implementation of the STEM-based lesson plan, the students experienced the process of creating an engineering design, increased their awareness of materials knowledge, experienced group work, analyzed a problem in daily life based on mathematical data, created charts and developed a mathematical model. In addition to these, their awareness of water-saving increased.

As a result of the current study, it can be suggested that STEM-based lesson plans developed in future studies should be applied to different samples and the results obtained should be compared. It may be suggested to the researchers to conduct an in-depth case analysis by conducting interviews with the participating students.

Ethical Approval: Since the data of this study were collected in 2019, the ethics committee's approval was not obtained.

Conflict Interest: There is no conflict of interest between the authors.

Authors Contributions: The authors made equal contributions to the study.

References

- Al-Wattban, M. (2001). *Proportional reasoning and working memory capacity among saudi adolescents: a Neo-Piagetian investigation* (Publication No. 3036614) [Doctoral dissertation, The University of Northern of Colorado]. ProQuest Dissertations & Theses Global.
- Aydiner-Boylu, A. ve Yertutan, C. (2012). Erkeklerin evde enerji ve su tasarrufu konusundaki alışkanlık ve satın alma odaklı davranışlarının incelenmesi. *Sosyo Ekonomi*, 1, 157-172.

- Barth, M., & Rieckmann, M. (2012). Academic staff development as a catalyst for curriculum change towards education for sustainable development: an output perspective. *Journal of Cleaner Production*, 26, 28-36. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.011>.
- Becker, K., & Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12 (5 & 6), 23-37.
- Ben-Chaim, D., Fey, J. T., Fitzgerald, W. M., Benedetto, C., & Miller, J. (1998). Proportional reasoning among 7th grade students with different curricular experiences. *Educational Studies in Mathematics*, 36, 247-273.
- Bliss, K. M., Fowler, K. R., & Galluzzo, B. J. (2014). *Math modeling: Getting started and getting solutions*. Philadelphia, PA: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Bozkurt Altan, E., Yamak, H. ve Buluş Kırıkkaya, E. (2016). FeTeMM eğitim yaklaşımının öğretmen eğitiminde uygulanmasına yönelik bir öneri: tasarım temelli fen eğitimi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(2), 212-232.
- Candan-Helvaci, S., & Helvaci, İ. (2019). An interdisciplinary environmental education approach: determining the effects of E-STEM activity on environmental awareness. *Universal Journal of Educational Research*, 7(2), 337-346. <https://doi.org/10.13189/ujer.2019.070205>
- Cebrian, G., & Junyent, M. (2015). Competencies in education for sustainable development: Exploring the student teachers' views. *Sustainability*, 7, 2768-2786; <https://doi.org/10.3390/su7032768>
- Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: implications for educating our teachers for the age of innovation. *Education and Science*, 39(171), 74-85
- Çorlu, M. S. (2017). STEM: bütünleşik öğretmenlik çerçevesi. M. S. Çorlu & E. Çallı (Ed.), *STEM kuram ve uygulamalarıyla fen, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitimi* (s. 1–10). İstanbul: Pusula.
- Çorlu, M. S., & Çallı, E. (2017). *STEM kuram ve uygulamalarıyla fen, teknoloji, mühendislik ve matematik eğitimi*. İstanbul: Pusula.

- DeCoito, I., & Myszkal, P. (2018). Connecting science instruction and teachers' self-efficacy and beliefs in STEM education. *Journal of Science Teacher Education*, 29(6), 485-503. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2018.1473748>.
- Donna, J. D. (2012). A model for professional development to promote engineering design as an integrative pedagogy within STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(2), 1-8. <https://doi.org/10.5703/1288284314866>
- English, L. D., & King, D. T. (2015). STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace. *International Journal of STEM Education*, 2(14), 1-18.
- English, L. D., King, D., & Smeed, J. (2017). Advancing integrated STEM learning through engineering design: Sixth-grade students' design and construction of earthquake resistant buildings. *The Journal of Educational Research*, 110(3), 255-271. <https://doi.org/10.1080/00220671.2016.1264053>.
- Erbaş, A. K., Kertil, M., Çetinkaya, B., Çakıroğlu, E., Alacacı, C. ve Baş, S. (2014). Matematik eğitiminde matematiksel modelleme: Temel kavramlar ve farklı yaklaşımlar. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 14(4), 1-21.
- Eroğlu, S. ve Bektaş, O. (2016). STEM eğitimi almış fen bilimleri öğretmenlerinin STEM temelli ders etkinlikleri hakkındaki görüşleri. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 43-67. <https://doi.org/10.14689/issn.2148-2624.1.4c3s3m>
- Fraenkel, J.R., & Wallen, N.E. (1996). *How to design and evaluate research*. USA: Mc. Fraw-Hill Inc.
- Gonzalez, H. B., & Kuenzi, J. J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: a primer*. Congressional Research Service. Retrieved April 17, 2020, from <https://www.fas.org/sgp/crs/misc/R42642.pdf>
- Gökbayrak, S. ve Karışan, D. (2017). Altıncı sınıf öğrencilerinin FeTeMM temelli etkinlikler hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Alan Eğitimi Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 25-40.
- Greenes, C., & Findell, C. (1999). Developing students' algebraic reasoning abilities. In L. V. Stiff (Ed.), *Developing mathematical reasoning in grades K-12*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

- Heller, P. M., Ahlgren, A., Post, T., Behr, M., & Lesh, R. (1989). Proportional reasoning: the effect of two content variables, rate type, and problem setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(3), 205-220.
- Holmlund, T. D., Lesseig, K., & Slavit, D. (2018). Making sense of "STEM education" in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education*, 5(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0127-2>
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2014). Engaging students in STEM education. *Science Education International*, 25(3), 246-258.
- Knezek, G., Christensen, R., Tyler-Wood, T., & Periathiruvadi, S. (2013). Impact of environmental power monitoring activities on middle school student perceptions of STEM. *Science Education International*, 24(1), 98-123.
- Kuvaç, M. (2018). *Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (stem) temelli çevre eğitime yönelik öğretim tasarımının etkililiği* (Publication No. 534939) [Doctoral dissertation, İstanbul University], Council of Higher Education Thesis Center.
- Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh, & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 3-33). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lesseig, K., Slavit, D., & Nelson, T. H. (2017). Jumping on the STEM bandwagon: How middle grades students and teachers can benefit from STEM experiences. *Middle School Journal*, 48(3), 15-24. <https://doi.org/10.1080/00940771.2017.1297663>.
- Manly, C. A., Wells, R. S., & Kommers, S. (2018). The influence of STEM definitions for research on women's college attainment. *International Journal of STEM Education*, 5(45), 1-5. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0144-1>.
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: A systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(2), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>.
- Maxwell, J. A. (1992). Understanding and validity in qualitative research. *Harvard Educational Review*, 62(3), 279-300. <http://dx.doi.org/10.17763/haer.62.3>.

- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2016). *STEM eğitimi raporu*. Milli Eğitim Bakanlığı Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (YEĞİTEK), Ankara. Retrieved July 12, 2020, from http://yegitek.meb.gov.tr/STEM_Egitimi_Raporu.pdf
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı*, Ankara. Retrieved September 17, 2020, from <http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=325>
- Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2018). *Matematik dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*, Ankara. Retrieved October 29, 2020, from <http://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201813017165445MATEMAT%C4%B0K%20%C3%96%C4%9ERET%C4%B0M%20PROGRAMI%202018v.pdf>
- Moreno, N. P., Tharp, B. Z., Vogt, G., Newell, A. D., & Burnett, C. A. (2016). Preparing students for middle school through after-school STEM activities. *Journal of Science Education and Technology*, 25(6), 889-897. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9643-3>
- NGSS, (2013). *Next generation science standards: for states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press. Retrieved May 19, 2020, from http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=18290
- Nguyen, T. P. L., Nguyen, T. H., & Tran, T. K. (2020). STEM education in secondary schools: teachers' perspective towards sustainable development. *Sustainability*, 12, 1-16. <https://doi.org/10.3390/su12218865>
- Özçakır Sümen, Ö., & Çalışıcı, H. (2016). Pre-service teachers' mind maps and opinions on STEM education implemented in an environmental literacy course. *Educational Sciences: Theory & Practice*, 16, 459-476.
- Reiss, M., Behr, M., Lesh, R., & Post, T. (1985). Cognitive processes and products in proportional reasoning. In L. Streefland (Ed.), *Proceedings of the Ninth International Conference for the Psychology of Mathematics Education* (pp. 352-356). Noordwijkerhout (Utrecht), Holland: PME.
- Singh, P. (2000). Understanding the concepts of proportion and ratio constructed by two grade six students. *Educational Studies in Mathematics*, 43, 271-292
- Smith, C., & Watson, J. (2016). STEM and education for sustainability: Finding common ground for a thriveable future. Proceedings of the 2016 Australian Association for

- Research in Education (AARE) Conference, 27 November - 1 December 2016, Melbourne, Victoria, Australia, 1-11. Retrieved February 4, 2020, from <http://www.aare.edu.au/pages/2016-conference-mcg-melbourne-vic-.html>
- Stohlmann, M., Moore, T., & Roehrig, G. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1), 28-34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Suh, H., & Han, S. (2019). Promoting sustainability in university classrooms using a STEM project with mathematical modeling. *Sustainability*, 11(3080), 1-22. <https://doi.org/10.3390/su11113080>.
- Taştan Akdağ, F. ve Güneş, T. (2017). Enerji konusunda yapılan STEM uygulamaları ile ilgili Fen Lisesi öğrenci ve öğretmen görüşleri. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 3(5), 1643-1656.
- Tikly, L., Joubert, M., Barrett, A. M., Bainton, D., Cameron, L., & Doyle, D. (2018). *Supporting secondary school STEM education for sustainable development in Africa*. University of Bristol, Bristol Working Papers in Education Series. Retrieved August 30, 2020, from <https://www.bristol.ac.uk/media-library/sites/education/documents/Supporting%20Secondary%20School%20STEM%20Education%20for%20Sustainable%20Development%20in%20Africa.pdf>
- TÜSİAD, (2017). *2023'e doğru Türkiye'de STEM gereksinimi*. Retrieved June 10, 2020, from <https://tusiad.org/tr/yayinlar/raporlar/item/9735-2023-e-dog-ru-tu-rkiye-de-stem-gereksinimi>
- Umay, A. (2003). Matematiksel muhakeme yeteneği. *Hacettepe Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 234- 243.
- UN [United Nations], (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. Retrieved December 5, 2020, from <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld/publication>
- UNESCO [United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization], (2018). *Issues and trends in education for sustainable development*. Retrieved December 5, 2020, from <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261445>

- Vennix, J., den Brok, P., & Taconis, R. (2017). Perceptions of STEM-based outreach learning activities in secondary education. *Learning Environments Research*, 20(1), 21-46. <https://doi.org/10.1007/s10984-016-9217-6>
- Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1(2), 1-13. <https://doi.org/10.5703/1288284314636>
- WCED [World Commission on Environment and Development] (1987). *Report of the world commission on environmental and development: Our common future*. Retrieved December 7, 2020, from <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>
- Yasak, M. T. (2017). *Tasarım temelli fen eğitiminde, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik uygulamaları: basınç konusu örneği*. (Publication No. 470957) [Master's thesis, Cumhuriyet University], Council of Higher Education Thesis Center.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2008). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Yin, R. K. (2012). *Applications of case study research (3rd ed.)*. Washington DC: SAGE Publications, Inc.

APPENDIX 1: Authentic Problem of Knowledge Society (APKS)

Imagine yourself as an engineer and you need to prepare a project for the efficient use of water in homes. In the project, soapy-detergent water used in processes such as hand-face washing, dish rinsing in the sinks should flow from the sink drain pipe to the toilet reservoir and the soapy water collected in the reservoir should be used for toilet cleaning after flushing. You are expected to design an "Environmental Siphon" where sink water is collected and used, and to make a prototype of your design and test it.

APPENDIX 2: Research Questions

1. What is the importance of water for living beings?
2. What can we do to protect clean (potable) water resources?
3. How can we use clean (potable) water efficiently?
4. How can we prevent unnecessary use of clean (potable) water and waste of water?
5. How can we store the water used in activities such as hand washing in the reservoir of the toilet through the sink drain pipe? Draw the draft of the environmental siphon system.

APPENDIX 3: Research Logbook (obtaining information)

1. What information do you have about the project, what do you know?
2. What new knowledge will you need in designing and planning the project and making the prototype? What do you need to know?
3. What are your research methods and resources related to the project? How and according to what criteria will you research, select and verify? How will you report?
4. What did you learn in the process of conducting this project? Submit your research report.