

Ortaokul Öğrencilerinin RGM Tasarımlarının İncelenmesi: Çılgın Makineler Yarışıyor

Engin KARAHAN¹
Ahmet Oğuz AKÇAY²
Mehmet Arif BOZAN³
Ömer GARAN⁴
E. Şenay DOĞANER⁵

Özet

Yaşadığımız çağdaki teknolojik koşullar göz önüne alındığında eğitimde STEM eğitimi yaklaşımı önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır. STEM eğitimlerinin Rube Goldberg Machine gibi farklı uygulamalar aracılığı ile gerçekleştirilmesi hem eğlenceli hem de öğretici bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte STEM eğitiminin doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekmektedir çünkü yanlış uygulamalar, öğrencilerde bu alanlara karşı ön yargılar oluşturabilir. Bu noktada Rube Goldberg Machine uygulamaları faydalı bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada da ortaokul seviyesinde yer alan öğrencilerin RGM tasarlama süreçlerini nasıl gerçekleştirdikleri araştırılmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu 28 farklı ortaokuldan 4-6 kişilik gruplar halinde 5., 6. ve 7. sınıf seviyesindeki 128 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırma deseni olarak durum çalışması kullanılmıştır. Araştırma verileri gözlem yoluyla toplanmış ayrıca sunumlar video kaydına da alınmıştır. Toplanan verileri içerik analizi ile çözümlenmiştir. Elde edilen bulgularda ise; içerik tasarımında öğrencilerin fen ve matematik disiplinlerine daha çok odaklandıkları, RGM senaryolarında öğrencilerin özel günlere ve ilgi duydukları

¹ Dr. Öğretim Üyesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Bölümü, ekarahan@ogu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4530-211X

² Dr. Öğretim Üyesi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim Bölümü, aoguzakcay@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2109-976X

³ Arş. Gör., İstanbul Aydın Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Temel Eğitim Bölümü, mehmetbozan@aydin.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3554-4828

⁴ Öğretmen, Milli Eğitim Bakanlığı, omegar@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8750-9357

⁵ Öğretmen, Milli Eğitim Bakanlığı, kutlu_senay@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-8475-5405

alanlara yoğunlaştıkları, sorumluluk paylaşımında gruplar arası farklılaşmaların olduğu, tasarımlarda öğrencilerin günlük hayatta kolay ulaşılabilecek malzemelerden seçtikleri, RGM adımlarının düşük hızda olmasının izlemeyi kolaylaştırdığı ve tasarım alanının geniş olması mekanizmaların daha iyi çalışmasına katkı sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *STEM, Rube Goldberg Machines, Durum çalışması*

Examining middle school students' RGM designs: Race of crazy machines

Abstract

Considering the technological conditions in our age, the STEM education approach in education emerges as an important tool. However, STEM education needs to be carried out correctly because misapplications can create prejudices against these areas in students. For this reason, Rube Goldberg Machine applications are a useful method. In this study, it was investigated how the students at the secondary school level carried out the RGM design processes. The study group in the research consists of 5th, 6th and 7th grade students in groups of 4-6 from 28 different secondary schools. A case study was used as a research design. Research data were collected through observation and presentations were also videotaped. The collected data was analyzed by content analysis. In the findings; students focus more on science and mathematics disciplines in content design, students focus on special days and areas of interest in RGM scenarios, there are differences between groups in responsibility sharing, students choose materials that can be easily accessed in daily life, RGM steps are easy to follow, and having wide desing area the design area is wide contributes to the better functioning of the mechanisms.

Key Words: *STEM, Rube Goldberg Machines, Case study*

GİRİŞ

Günümüzde hızlı bir şekilde gerçekleşen teknolojik gelişmeler, toplumun bireyden beklentisini de değiştirmiştir. Değişen beklenti sonucunda ise eğitim sistemleri kendini güncellemeye başlamıştır. Bu doğrultuda ye-

nilikçi yaklaşımlardan STEM eğitimi ön plana çıkmaktadır. Science (Fen), Technology (Teknoloji), Engineering (Mühendislik) ve Mathematics (Matematik) kelimelerinin baş harflerinden oluşan STEM eğitimi yaklaşımının amacı öğrencilerin bu alanlardaki bilgi, becerilerini bir araya getiren ve soyut bilginin gerçek dünya bağlamlarında kullanılmasıdır. Milli Eğitim Bakanlığı'nın (MEB) hazırladığı 2023 Vizyon belgesinde de STEM eğitiminin önemi vurgulanmıştır (MEB, 2018). Vizyon belgesiyle mühendislik temelli uygulamalar ön plana çıkarılarak öğrencilerin eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini kullanarak, ürünlerini ortaya konması hedeflenmektedir (Avan, Gülgün, Yılmaz ve Doğanay, 2019). STEM eğitimi, bireylerin 21. yy. becerilerinden iş birliği, liderlik, yaratıcılık ve problem çözme gibi becerilerinin gelişmesine katkı sağlayacaktır (Bybee, 2013). STEM disiplinlerinde iş gücüne duyulan ihtiyaç STEM eğitim yaklaşımını daha da önemli hale getirmektedir. Bu durum ise ülkelerin eğitim sistemlerinde STEM konularına ve mesleklerine daha da dikkat çekmeleri gereken bir durum olarak değerlendirilmektedir. STEM eğitimi yaklaşımının bu kadar önemli olmasına ve günümüzde STEM disiplinlerine yönelik iş gücüne duyulan ihtiyaca rağmen, öğrencilerin STEM konularına ve mesleklerine olan ilgilerinin azaldığı ve bu duruma birçok ülkenin dikkat etmesi gerektiği belirtilmiştir (Zaza et al., 2020). Gelecekte ülkelerin ihtiyaçları doğrultusunda STEM uygulamalarının geliştirilmesini sağlamak için daha yapılandırılmış ve kapsamlı eylemlere ihtiyaç duyulacaktır (Bybee, 2010). Bunun için de günümüz öğrencilerine zengin öğrenme ortamları sunulması gerekmektedir. Bu doğrultuda küçük yaşlardan itibaren öğrencileri STEM konularına yönlendirmek ve özellikle farklı disiplinleri entegre edebilecekleri tasarım odaklı etkinlikler yaptırmak öğrencilerin STEM alanlarına ilgilerini çekecektir.

Bilimlerin ana amacı doğayı keşfetme ve anlamadır. Bu doğrultuda bilim insanları doğayı anlamak için mühendisler tarafından tasarlanan ve teknoloji kullanılarak elde edilen ürünlerden yararlanmaktadırlar. Başka bir ifadeyle mühendisler tasarımlarını yaparken bilim insanlarının keşfettiği bilimsel ilkeleri kullanmaktadırlar. Mühendislik biliminin doğası gereği farklı disiplinlerin bir arada etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir ve bu beceriler erken yaşlarda öğrencilere kazandırılması gerekmektedir. Farklı disiplinlerin bir arada kullanıldığı STEM eğitimi için Rube Goldberg Makineleri ideal bir tasarım etkinliği olarak öne çıkmaktadır.

Bir mühendis ve karikatürist olan Rube Goldberg tarafından geliştirilen Rube Goldberg Makineleri (RGM) basit görevleri gerçekleştirmek için bir dizi karmaşık adımı içeren yapılardır. RGM, öğrencilerin eleştirel düşünme, yaratıcılık, yenilikçilik ve problem çözme gibi zihinsel becerilerini geliştirmek ve bu süreci alternatif bir öğrenme etkinliği ile eğlenceli hale getirmelerine olanak sağlamaktadır (Kim & Park, 2012). Rube Goldberg Makinelerinin tasarımında matematiksel akıl yürütme, mühendislik tasarımından teknik operasyon yeteneğine kadar çeşitli beceriler ve çabalar gerekmektedir. Rube Goldberg Makineleri'ni oluşturmak için yalnızca fen, matematik ve mühendislik gibi disiplinlere dair bilgi birikimlerine değil, aynı zamanda mizah ve hikâye anlatıcılığı gibi yetkinlikler de kullanılmaktadır. Bu yapıyla hemen hemen her yaştan bireyin dikkatini çeken RGM tasarımlarıyla ilgili farklı ülkelerde yarışmalar yapılmaktadır (Acharya & Sirinterlikci, 2010). Böylelikle RGM'ler hem öğrenme hem de eğlenme sağladığı için önemli bir öğrenme aracıdır. RGM'ler yapısı itibarıyla STEM eğitiminin de ruhunu yansıtmaktadır çünkü STEM eğitimi dört farklı disiplinin bir bütünlük içerisinde işe koşulmasını gerektirir ve RGM'lerde de bu durum sağlanmaktadır (Marklin, 2018). RGM'ler tasarlanırken fen, matematik, teknoloji bir bütündür hepsi aynı anda kullanılır bunun yanı sıra mühendisliğin de dâhil olmasıyla birlikte ortaya bir ürün ortaya çıkmaktadır. Böylelikle RGM'ler öğrenciler için öğrendikleri soyut bilgileri somutlaştırabilecekleri, deneyebilecekleri bir ortam sunarken aynı zamanda da onlar için eğlenceli bir süreç sunmaktadır. Ayrıca RGM'ler ile birlikte çocuklar teknolojinin sadece elektronik bir şey olmanın ötesinde günlük hayatta kullanabilecekleri farklı bilgileri de içerdiğini görmüş olacaktadırlar (Stohlmann, Moore ve Roehrig, 2012). Dolayısıyla öğrenciler RGM'ler ile birlikte teknoloji ve mühendisliğin temellerini öğrenmekle kalmayıp bu süreçte oluşan zorlukların nasıl üstesinden geleceklerini de deneyimleyeceklerdir (Dolen ve Cohen, 2018). Bu sayede öğrenciler günlük yaşama uygun çalışmalar gerçekleştireceklerdir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada da ortaokul öğrencilerine “Çılgın Makineler Yarışıyor” adlı yarışma programı düzenlenmiş, bu yarışmada da öğrencilerden belirtilen kriterler doğrultusunda RGM tasarımları istenmiştir. Bu amaçla araştırmada şu soruya yanıt aranmıştır:

- Ortaokul öğrencilerinin RGM tasarlama süreçleri nasıl gerçekleşmiştir?

YÖNTEM

Bu çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden biri olan durum çalışması deseni kullanılmıştır. Merriam (2009) durum çalışmasını, sınırlı bir durum ya da olgunun derinlemesine incelenmesi, analiz edilmesi ve açıklanması olarak tanımlamıştır. Bu çalışmada da ortaokul öğrencilerinin “Çılgın Makineler Yarışıyor” adlı tasarım yarışmasında RGM’leri nasıl tasarladıklarını ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu bakımdan araştırma Eskişehir İl Milli Eğitim Müdürlüğü tarafından 2018-2019 eğitim öğretim yılında düzenlenen ve 5., 6. ve 7. sınıf öğrencilerin katıldıkları “Çılgın Makineler Yarışıyor” yarışması ile sınırlandırılmış bir durumu ele almaktadır. Yarışma süresince elde edilen veriler araştırmacılar tarafından derinlemesine incelenmiş, analiz edilmiş ve açıklanmıştır. Bu bakımdan araştırmada ele alınan konu sınırlı bir yapıdadır ve bu konu araştırmacılar tarafından derinlemesine incelenmiş, analiz edilmiş ve açıklanmıştır. Dolayısıyla araştırma, durum çalışması olarak desenlenmiştir. Durum çalışması kendi içerisinde türlere ayrılmıştır. Bu araştırmada bütüncül tek durum deseni tercih edilmiştir çünkü bütüncül tek durum deseni tek bir analiz birimi üzerinde yapılan çalışmalardır (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu araştırmada analiz birimleri olarak “Çılgın Makineler Yarışıyor” tasarım yarışmasında hazırlanan tasarımlar, tasarım süreci ve STEM eğitim yaklaşımındaki disiplinler analiz birimleri olarak belirlenmiştir. Bu araştırmada da analiz birimi olarak “Çılgın Makineler Yarışıyor” adlı tasarım yarışmasında yer alan öğrencilerin yaptığı RGM tasarımları olarak belirlenmiştir.

Katılımcılar

“Çılgın Makineler Yarışıyor” adlı tasarım yarışmasına Eskişehir ilinde merkez ve kırsalda yer alan bir öğretmen rehberliğinde 4-6 kişilik takımlar halinde toplam 28 ortaokuldan 142 öğrenci katılmıştır. Oluşturulan gruplarda yer alan öğrenciler 5., 6. ve 7. sınıfa devam eden öğrencilerden oluşmaktadır. 8. sınıf öğrencileri liseye geçiş sınavına hazırladıkları için yarışmaya katılmayı tercih etmemişlerdir. Katılım tamamen gönüllülük esasına dayanmaktadır.

Tasarım Süreci

Bu çalışmada “Çılgın Makineler Yarışıyor” yarışması kapsamında hazırlanan RGM tasarımları incelenmiştir. Tasarım süreci öncesinde ilk olarak yarışma çağrısına çıkılmış ve okullardan fen, matematik, teknoloji tasa-

rım alanlarında görev yapan öğretmenlerden danışman öğretmenler belirlenmesi istenmiştir. Belirlenen öğretmenlere yarışma ve tasarımlar ile ilgili bilgilendirme toplantısı yapılmıştır. Daha sonra danışman öğretmenler tarafından yarışmaya katılmaya istekli öğrencilerden gruplar oluşturulmuştur. Yarışma komitesi tarafından tasarımları hazırlama sürecinde öğrencilere rehberlik edecek yarışma yönergeleri hazırlanmış ve okullarla paylaşılmıştır. Okullarda danışman öğretmenler tarafından yapılan bilgilendirme toplantılarının ardından yarışmaya katılacak gruplara 6 hafta süre verilerek tasarımları tamamlamaları istenmiştir. Tasarımları tamamlama sürecinde gruplar aynı zamanda ürün dosyaları da hazırlayarak süreci tüm ayrıntıları ile kaydetmişlerdir. Bilgilendirme toplantısından sonra yarışmaya katılacak tasarım gruplarına 6 hafta süre verilerek tasarımları tamamlamaları istenmiştir. Bu ölçütler göz önüne alınarak grupların hazırladıkları tasarımlar “Genel sunum, ürün dosyası, makinenin çalışması, özgünlük” başlıkları altında değerlendirilmiş ve kazanan gruplar belirtilmiştir.

Bu yönergeye göre takımların dikkat etmeleri gereken kriterler aşağıda belirtilmiştir.

Tasarımlar yapılırken katılımcı grupların dikkat etmeleri gereken kriterler şöyle belirtilmiştir:

- Tasarımların sonunda bayrağın açılması gerekmektedir.
- Minimum adım sayısı son adım dâhil olmak üzere 8 adım olarak belirlenmiş, maksimum adım sayısı ise sınırsız olarak belirlenmiştir.
- Tasarımın yapılacağı alan 1m x 1m x 1m olacak şekilde düzlemde oluşmaktadır.
- Tasarımın tamamlanması için başlangıçtan itibaren maksimum 2 dakika süre belirlenmiştir.
- Tasarımlarını tanıtmak amacıyla önceden hazırladıkları sunum süresi 10 dakika olarak belirlenmiştir.
- Grupların tasarımlarını çalıştırmaları için 3 hakları bulunmaktadır.
- Tasarımı çalışmayan grupların düzeneklerini tekrar oluşturmak için 15 dakika süreleri bulunmaktadır.

Veri Toplama Aracı

Araştırmada veri toplama aracı olarak gözlem formu kullanılmıştır. Bu amaçla yazarlardan üçü yapılan tasarımları doğrudan gözlemlemiştir. Aynı zamanda bu tasarımlar video kaydına alınmıştır. Kayıtlar doğrudan gözlem yapmayan yazarlar tarafından analiz edilmiştir. Her gruba ait video kaydı ortalama 2 dakika sürmüştür. Daha sonra doğrudan gözlem yapan yazarların notları ile kayıtlardan yapılan analizler karşılaştırılmıştır.

Araştırmada veri toplama aracı olarak gözlem formları kullanılmıştır. İlk olarak yarışma süresince yapılan tasarımlar yazarlar tarafından doğrudan gözlemlenmiş ve elde edilen veriler analiz edilmiştir. İkinci süreçte ise yarışma sırasında sergilenen tasarımlar video kaydına alınmıştır. Her gruba ait video kayıtları 2 dakika sürmüştür. Doğrudan gözleme katılmayan yazarlar tarafından bu video kayıtları incelenmiş ve analiz edilmiştir. Bu sayede iki farklı yazar grubu yarışmaları farklı süreçlerde değerlendirmiş ve elde edilen veriler karşılaştırılmıştır.

Verilerin analizi

Verilerin analizinde içerik analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu süreçte yarışma esnasında elde edilen veriler ile video kayıtlardan elde edilen veriler araştırmacılar tarafından analiz edilerek karşılaştırılmıştır. İlk olarak benzer kodlar tanımlanmıştır. Ardından farklı kodlar üzerinde fikir birliği sağlanıncaya kadar kodlayıcılar kodlar üzerinde tartışmışlardır. Elde edilen kodlardan araştırmanın amacı ve alt amaçlarına uygun olarak kategoriler ve temalar oluşturulmuştur. Bu süreçte verilerin yorumlanmasında veriler öncelikle kodlanmış, kodlamalar doğrultusunda kategoriler ve temalar oluşturulmuştur. Verilerin kodlama işlemi üç araştırmacı tarafından ayrı ayrı tamamlanmış, fikir birliği sağlanıncaya kadar kodlayıcılar kodlar üzerinde tartışmışlardır. Tartışmalar sonucunda kodlayıcılar arasında tutarlılık sağlanmıştır. Bu durum araştırmanın güvenilirliğini sağlamak açısından bir araçtır. Araştırmanın geçerliğini sağlamak amacıyla süreç detaylı olarak anlatılmıştır. Ayrıca bu durum araştırmanın güvenilirliğini sağlamak için de önemlidir.

BULGULAR

Verilerin analizi neticesinde elde edilen temalar şu şekildedir: İçerik ve Kavramlar; RGM Senaryosu; Sorumluluk Paylaşımı; Malzeme Kullanımı; RGM Adımları; Alanın Kullanımı.

İçerik ve Kavramlar

Öğrencilerin hazırladıkları RGM projeleri incelendiğinde başta fen bilimleri başta olmak üzere matematik, teknoloji ve mühendisliğe dönük içeriğin projelerde yer aldığı görülmektedir. Bazı projelerde içeriğin disiplinler arasında dengeli bir dağılım ile entegre edildiği gözlenirken bazı projelerde ise bir ya da iki disiplinin diğerlerine göre daha baskın bir şekilde yer aldığı görülmüştür. Bu kapsamda, çalışmada incelenen RGM sistemlerinin büyük bir kısmının disiplinlerarası bir içeriğe sahip oldukları ortaya çıkmaktadır.

RGM projelerinde en baskın içeriğin fen bilimleri alanından olduğu görülmüştür. Bu kapsamda öğrencilerin projelerinde en fazla enerji dönüşümü ve transferi konusundan faydalandıkları görülmüştür. Sistemdeki adımların ilerlemesi ve cisimlere hareket kazandırılması adına potansiyel ve kinetik enerjinin birbirine dönüşümü sıklıkla kullanılmıştır. Bunu gerçekleştirirken RGM platformunun “L” şeklindeki yapısından ve özellikle de dikey ekseninden faydalanmışlardır. Bu duruma örnek olarak Grup 1’in tasarımı biri Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Grup 1 RGM tasarımı

Diğer yandan, RGM'lerde kullanılan enerji türleri potansiyel ve kinetik enerji ile sınırlı kalmamış ve rüzgâr enerjisi ve elektrik enerjisine de sistemlerde yer verilmiştir. Örneğin, Grup 2 rüzgâr tribünü aracılığı ile rüzgâr enerjisini hareket enerjisine çevirmiştir. Grup 11 ise RGM sistemlerinin başlangıç adımını elektrik enerjisi ile kurgulayarak sistemi eyleme geçirmiştir.



Şekil 2. Grup 7 RGM tasarımı

Fen bilimleri disiplini kapsamında baskın olarak öne çıkan diğer konular ise kuvvet, hareket, denge ve momentumdur. Tasarım grupları kendileri geliştirdikleri ya da hazır olarak temin ettikleri materyaller yardımı ile bu kavramları sistemlerinde kullanmışlardır. RGM projelerinin doğası da göz önünde bulundurulduğunda, sistemi çalışır hale getirmek adına bu kavramların grupların birçoğu tarafından kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bu duruma ilişkin örnek olarak tasarım Şekil 2'de Grup 7'ye ait tasarım gösterilmiştir. Şekil 2'deki tasarım incelendiğinde topu hareket ettirmek için şırıngadaki su kullanılırken kendi hazırladıkları materyallerle de topun hareket, kuvvet, denge ve momentumunu sağlamaya çalışmışlardır.

Gruplar ayrıca fen bilimleri kavramlarını entegre etme noktasında fen derslerinde sıklıkla kullanılan materyaller olan eşit kollu terazi ve makara sistemlerinden faydalanmışlardır. Bu materyalleri doğrudan fen laboratuvarlarından temin ettikleri ifade edilmiştir. Öğrenciler özellikle RGM sistemlerindeki adımların yönünü değiştirme amacıyla makara sistemlerini kullanmışlardır. Son olarak ise diğer gruplardan farklı olarak Grup 19 sınıfların basıncından faydalanacağı bir şırınga sistemi kullanarak sistemlerini çalışır hale getirmişlerdir.

Diğer taraftan tasarım gruplarında sıklıkla gözlemlenen bir diğer disiplin ise matematiktir. Bu doğrultuda tasarımlarda geometrik cisimler ve hesaplamalardan faydalanılmıştır. Öğrenciler tasarım bölgesini etkili bir şekilde kullanabilmek adına alan hesaplamaları kullanmış ve belirli sayıda adımı sınırlı bir alana yerleştirme yoluna gitmişlerdir. Buna ek olarak, adımların doğru bir şekilde ilerleyebilmesi adına geometrik cisimleri kullanmışlardır. Örneğin, Grup 1 sistemde denge oluşturabilmek için simetrik ve simetrik olmayan geometrik cisimleri kullanmışlardır. Grup 8 de benzer şekilde geometrik cisimlerden faydalanarak tasarımlarının çalışmasını sağlamışlardır. Grup 8'in hazırladığı tasarım Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Grup 8 RGM tasarımı

Tasarımların mühendislik disiplini açısından incelemesine bakıldığında ise grupların tasarım prensiplerini büyük ölçüde takip ettikleri gözlemlenmiştir. Öğrencilerin neredeyse tamamı mühendislik tasarım süreçlerini bağlamsal olarak kullanmak suretiyle disiplinleri entegre etme yoluna girmiştir. Buna ek olarak, kullanılan materyaller de benzer şekilde tasarım süreçlerini devam ettirecek doğrultuda seçilerek kullanılmıştır. Öğrencilerin tasarım süreçlerinin planlama basamağını dosyalarında yansıttığı ve sunumları esnasında bu planlama sürecinin ne şekillerde takip edildiği yansıtılmıştır. Ayrıca, öğrencilerin RGM tasarımlarında adımlarda ortaya çıkan sorunların giderilmesinde yeniden tasarlama yoluna sıklıkla başvurdukları görülmüştür.

Son olarak, teknoloji disiplini açısından tasarımlar incelendiğinde ise çift yönlü bir kullanım olduğu gözlenmiştir. Öğrenciler RGM'nin çalışma prensiplerini anlama açısından teknolojik araçlardan faydalandıklarını belirtmişlerdir. RGM projelerinin ders dışı öğrenci merkezli projeler olmasının da etkisiyle öğrencilerin bilgiyi edinme noktasında ekstra kaynaklara başvurduğu ve bu kaynaklara erişimi de teknolojik araçlar ile sağladığı görülmüştür. Ayrıca, öğrencilerin RGM tasarımları incelendiğinde çok çeşitli teknolojik araç gereçler kullandıkları görülmek ile birlikte bu araç gereçlerin çalışır hale getirilmesi noktasında teknolojik bilgi ve becerilerini kullandıkları gözlemlenmiştir. Örneğin, Grup 15 tasarımlarında dijital araçlardan faydalanırken bu doğrultuda kodlama gibi becerilerini işe koşmuştur.

RGM Senaryosu

RGM tasarımlarının en temel özelliklerinden biri olarak bir senaryo çerçevesinde adımların gerçekleşmesi gösterilmektedir. Bu kapsamda öğrenci gruplarının büyük kısmının bu doğrultuda tasarımlarını gerçekleştirdikleri gözlemlenmiştir. Tasarımlarını herhangi bir senaryo çerçevesinde gerçekleştirilmeyen grupların RGM adımlarının birbirinden kopuk olduğu görülürken, bütüncül bir tasarımdan söz etmek pek mümkün olmamıştır. Diğer taraftan, tasarımlarında bir senaryo çerçevesi kullanan gruplarda ise adımların birbiri ile bağlantısı daha akıcı ve iç içe olmuştur.

Tasarım gruplarının kullandıkları senaryolar incelendiğinde en baskın senaryoların vatan sevgisi gibi değerler üzerine olduğu görülmektedir. Örneğin, Grup 1 ve Grup 20 kendilerine senaryo olarak Çanakkale Savaşı'nı seçmişlerdir ve RGM tasarımlarının merkezine Çanakkale şehitlik anıtını konumlandırmışlardır. Bunun sebebi olarak tasarım sürecinin Çanakkale savaşının yıldönümüne denk gelmesi olduğu düşünülebilir. Benzer şekilde, bazı tasarım grupları ise (ör. Grup 2 ve Grup 11) tasarımlarını Türk bayrağının göndere çekilmesi adımı ile tamamlayarak yurttaşlık temasına odaklanmışlardır.

Diğer taraftan, bir diğer baskın senaryo grubu ise bilim tarihi üzerinde şekillenmiştir. Öğrencilerin tasarımlarında ulusal ve uluslararası bilim insanlarından örnekler sunulmuştur. Örneğin, Grup 8 tasarımında her bir adımı bir bilim insanının hikâyesi ile ilişkilendirerek genel tema olarak bilimi seçmiştir. Bu grup Newton'u temsil eden adımda ağaçtan

elma düşmesini kullanırken, bir diğer adımda ise uçan bir insan maketi ile Hazerfan'ı kullanmıştır. Bir diğer grup ise Piri Reis ve haritasını tasarımlarının merkezinde konumlandırmıştır. Bunlara ek olarak, bazı grupların ise tasarımlarının senaryosunu belirlerken gruptaki öğrencilerin kişisel ilgi alanlarından esinlendikleri görülmüştür. Örneğin, Grup 25 tasarımlarını bir futbol sahası üzerine konumlandırırken senaryo olarak ise bir futbol müsabakasını tercih etmiştir.

Sorumluluk Paylaşımı

Tasarım sürecinde en önemli noktalardan biri öğrencilerin sorumluluk paylaşımı ve ekip çalışmasıdır. Öğrencilerin süreçte tasarımlarını ve sunumlarını gerçekleştirirken bu kapsamda farklı stratejiler izledikleri görülmüştür. Genel manada bazı gruplarda gönüllü bir öğrencinin ön planda yer aldığı görülürken, bazı gruplarda ise öğrencilerin sorumluluğu eşit paylaştıkları görülmüştür.

Sorumluluk paylaşımının en net görüldüğü gruplardan biri olan Grup 1'de bir öğrenci tasarladıkları RGM'nin sunumunu gerçekleştirirken diğer öğrenciler ise tasarım süreci üzerine hazırladıkları dosyanın içeriğini paylaşmışlardır. Bu süreçte öğrencilerin birbirileri ile etkileşimleri üst düzeyde gerçekleşmiştir. Benzer şekilde, Grup 20 de sunum esnasında tüm öğrencilere eşit bir rol dağılımı göstermiştir. Bazı gruplarda ise sorumluluk paylaşımı noktasında gruplardan sorumlu öğretmenlerin sürece müdahale ettiği ve grup dinamiğini etkilediği görülmüştür. Örneğin, Grup 10'da bir öğrenci ve öğretmen sürecin tamamında ön plana çıkarken; Grup 21'de ise sorumlu öğretmen öğrencilerin çekingen kaldığı noktalarda sürekli müdahale girişiminde bulunmuştur.

Diğer taraftan, bazı grupların tüm sorumluluğu tek bir öğrenci üzerinde topladığı ve diğer öğrencileri geri planda bıraktığı görülmüştür. Grup 2 ve Grup 4'ün bu doğrultuda tek bir öğrenci üzerinden süreci yönettiği görülmüştür. Bu durumun bazı noktalarda öğrencinin inisiyatifinden kaynaklandığı bazı noktalarda ise sürecin doğal akışı ile gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Diğer gruplardan farklı olarak ise Grup 6'da sorumluluk noktasında diğer öğrencilerin teşviki ile öğrenme güçlüğü olan bir kaynaştırma öğrencisinin ön plana çıkmıştır.

Malzeme Kullanımı

Öğrencilerin tasarladıkları RGM mekanizmalarında en büyük çeşitliliği sağlayan unsurlardan biri de tasarımda kullandıkları materyaller olmuştur. Bu kapsamda kullanılan materyallerin niteliği ve içeriği RGM'lerin çalışma şeklini de belirlemiştir. Grupların tasarımlarında kullandıkları materyaller incelendiğinde en büyük ayrımın hazır temin edilmiş ve öğrenciler tarafından hazırlanmış olması üzerinden olduğu görülmüştür.



Şekil 4. Grup 17 RGM tasarımı

RGM tasarımlarında en sık görülen materyallerin başında makaralar gelmektedir. Öğrenciler RGM adımlarının yönünü değiştirebilmek ve tasarım alanını etkili kullanabilmek adına makaraları sıklıkla kullanmışlardır. Örneğin, Grup 12 sistemin adımlarını makara ve ipler yardımı ile gerçekleştirirken çoğunlukla aşağı yönde giden sistemin yönünü ters yöne döndürmeyi amaçlamışlardır. Benzer şekilde, Grup 4'de makaraları kullanmış fakat bu makaraları RGM alanına marangozluk işi ile sabitleme yoluna gitmişlerdir. Bu noktada, makaraları tamamlayıcı olarak sarkaç ve kaldıraç sistemleri kullanılmıştır. Grup 11, 17, 18 ve 22 sarkaç ya da kaldıraç sistemleri ile RGM tasarımlarını zenginleştirmiştir. Grup 17'nin tasarıma ilişkin görsel Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 5. Grup 4 RGM tasarımı

RGM tasarım sürecinde öğrencilerin zanaat/el sanatı (craft) becerilerini sergiledikleri de gözlemlenmiştir. Özellikle ahşap malzemeleri kullanma yoluyla tasarımlarını zenginleştirme yoluna gitmişlerdir. Örneğin, Grup 4 sistemlerinde kullandıkları makara sistemlerini ahşap oymacılığı ile hazırlamışlar ve kullanmışlardır. Benzer şekilde, Grup 12 de ahşap malzemeleri şekillendirerek RGM tasarımlarına entegre etmişlerdir. Gruplar ayrıca RGM'nin doğasına uygun olarak geri dönüştürülmüş malzemeleri şekillendirerek tasarımlarında kullanma yoluna gitmişlerdir. Bu malzemeler karton bardak, mukavva, rulo kâğıdı gibi materyalleri içermektedir. Öğrenciler bu malzemeleri şekillendirerek kaldıraç, taşıma aracı gibi amaçlarla kullanmışlardır. Grup 4'ün tasarımına ilişkin görsel Şekil 5'te gösterilmiştir.

RGM tasarımlarında kullanılan bir diğer materyal türü ise mekanik ve elektronik cihazlardır. Örneğin, Grup 15 tasarımlarında elektronik robotlar ve mekanik oyuncakları bir arada kullanma yoluna gitmişlerdir ve sistemlerine bir mekatronik teması belirlemişlerdir. Grupta yer alan öğrenciler bu iki farklı tür malzemeyi entegre edebilmek adına bu temadan faydalanmışlardır. Diğer bir örnek ise deney setleri ve mekanik malzemeleri (kürmalı tren) kullanan Grup 16 olmuştur.

RGM Adımları

RGM tasarımlarının en temel niteliklerinden birini sistemde yer alan adımların sayısı ve devamlılığı oluşturmaktadır. Öğrencilerin bu bağlamda en fazla üzerinde durdukları nokta olarak adımlar arası geçişlerin hızı olmuştur. Dolayısıyla, adımlar arası geçişlerin hızlı olduğu grupların tasarımları daha az anlaşılır ve takip edilebilir iken, bu geçişleri yavaşlatabilen grupların tasarımları daha ilgi çekici olmuştur. Örneğin, Grup 7 bilyelerin hareketi üzerinden ilerleyen tasarımlarında adımlar arası geçişleri yavaşlatabilmek adına sistemdeki bilyelerin çeşitli şekillerde hızını düşürmüştür. Benzer şekilde Grup 10 da sistemdeki adımları yavaşlatabilmek adına müdahalelerde bulunmuştur. Grup 10'unun hazırladığı ürüne ilişkin görsel Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Grup 10 RGM tasarımı

Grup 4 diğer gruplardan farklı olarak adımlar arası geçiş hızını sistemin ilerleme yönünü sürekli değiştirme yoluyla kontrol etmeye çalışmışlardır. Diğer yandan Grup 9 ve Grup 16 adımlar arası geçiş hızlarını kontrol edemediklerinden dolayı sistemlerini daha sınırlı çalışır kılmışlardır.

RGM tasarımlarındaki adımlar bağlamında bakıldığında bir diğer nokta ise sistemin ilerleyişinin tek ya da çift koldan ilerlemesi olmuştur. Örneğin, Grup 16'nın tasarımında RGM akışı tek yönlü ilerlerken belli bir sayıda adım sonrasında ikiye ayrılmış ve son adım öncesinde de tekrar tek

yönlü ilerlemiştir. Öğrenciler bu durumu önemli bir tasarım özelliği olarak sunarken süreçte kendilerini en fazla zorlayan nokta olarak belirtmişlerdir. Grup 24 de benzer şekilde çift yönlü hareket eden adımlar ile sistemlerini tasarlamışlardır. Bu grup adımları yön değiştirmek için kullanırken aşağı yönde devam eden adımı bir hamleyle yukarıya çıkarıp oradan devam ettirmişlerdir.

RGM adımlarını genel manada özetlemek gerekirse grupların tasarımlarında değişkenlik gösteren en temel unsurlar adımların sayısı ve hızı olmuştur. Ön plana çıkan tasarımlar genellikle adımların yavaş geçiş gösterdiği ya da fazla sayıda adıma sahip olanlardır. Aksi durumlarda, tasarım başlatıldıktan saniyeler sonra sistem başarılı ya da başarısız bir şekilde sonlandırılmıştır.

Tasarım Alanının Kullanımı

Öğrenciler RGM tasarımlarını birer metrekarelik dikey ve yatay alanın doksan derecelik açıyla bir araya getirilmesi ile oluşturulan L şeklinde bir düzeneğe konumlandırmışlardır. Öğrencilerin bu alanı nasıl kullandıkları farklılıklar göstermiştir. Bazı gruplar alanın sadece yatay ya da dikey bölümünü etkin olarak kullanırken bazı gruplar ise alanı iki eksen üzerine yaymıştır. Buna ek olarak, RGM tasarımında doğrudan kullanılmayan bölümleri tasarım öykü ve temasına hizmet edecek şekilde kullanmışlardır.

Grupların birçoğu tasarım platformunun RGM adımları için kullanmadıkları kısımlarını görseller aracılığı ile bir hikâye oluşturmak amacıyla kullanmışlardır. Örneğin, Grup 4 tasarımlarında öğrencilerin çizimlerine yer verirken RGM platformunun arka planını makineye benzetmişlerdir. Bu sayede, RGM sisteminin çalışma prensibini aktarma yoluna gitmişler ve fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin tasarımlarındaki rolünü vurgulamışlardır. Grup 2 ise RGM adımlarının işleyişini çizimler aracılığı ile anlatmışlardır.



Şekil 7. Grup 24 RGM tasarımı

Diğer bir durum ise platformun hangi düzleminin kullanıldığı ile ilgilidir. Grupların bir kısmı RGM adımlarını yalnızca yatay düzleme sıkıştırırken, bazıları ise hem yatay hem de dikey düzlemi kullanmışlardır. Bu bağlamda, Grup 16, Grup 23 ve Grup 24 platformu 3 boyutlu bir düzlem olarak kullanmışlar ve adımlarını bu alan içerisinde farklı doğrultularda ilerletmişlerdir. Bu gruplar ayrıca, yukarıdan aşağıya ilerlemenin yanı sıra farklı stratejiler (kaldıraç kullanımı gibi) yoluyla RGM akış yönünü de değiştirebilmişlerdir. Bu duruma örnek olarak Grup 24'ün tasarımına ilişkin görsel Şekil 7'de gösterilmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmanın amacı ortaokul öğrencilerinin “Çılgın Makineler Yarışıyor” adlı tasarım yarışmasında RGM’leri nasıl tasarladıklarını ortaya koymak amaçlanmıştır. Bu kapsamda içerik ve kavramlar, RGM senaryosu, sorumluluk paylaşımı, malzeme kullanımı, RGM adımları ve alanın kullanımı temaları oluşturulmuştur.

İçerik ve kavramlar teması altında öğrenciler fen bilimleri başta olmak üzere matematik, teknoloji ve mühendislik disiplinlerine yönelik içerik oluşturmuşlardır. Özellikle öğrencilerin fen bilimleri ve matematik disiplinlerine odaklandıkları belirlenmiştir. Bybee (2010)'un belirttiği gibi STEM etkinliklerinde en çok ele alınan disiplinler fen ve matematik, bununla birlikte teknoloji ve mühendislik disiplinleri bu iki disipline entegre edilmektedir. Bu kapsamda öğrencilerin projelerinde fen bilimlerinde en fazla enerji dönüşümü (potansiyel, kinetik enerji, rüzgâr enerjisi, elektrik enerjisi) ve transferi konusundan faydalandıkları görülmüştür. Bu doğrultuda öğrencilerin verilen kriterlerden enerji transferi kriterine dikkat ettikleri söylenebilir. Ayrıca matematik disiplininde ise geometrik cisimler ve hesaplamalardan faydalanılmıştır. Özellikle matematik dersleri öğrenciler tarafından zor ve soyut görülmekte (Tozluyurt, 2008) ve öğrenciler matematiği günlük hayatla ilişkilendirememektedir. Karahan ve Bozkurt (2019) ise öğrencilerin matematik okuryazarlıklarını geliştirmek için STEM eğitiminin büyük bir öneme sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bu tarz tasarım ve STEM etkinlikleriyle öğrenciler matematiği farklı disiplinlerle ilişkilendirerek matematiği günlük hayatta nerelerde kullanabileceklerini keşfedebileceklerdir.

RGM tasarımlarında öğrenciler tarafından farklı senaryolar kullanıldığı görülmüştür. Bununla birlikte hiç senaryo kullanmayan ekipler de bulunmaktadır. Senaryo kullanmayan ekiplerin RGM tasarımlarında aşamalar arasında bir bütünlük olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Senaryo kullanan ekipler arasında da gruplar arasında farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bazı gruplar içinde bulunan önemli günlerden, bazı gruplar ise ilgi duyduğu alanlardan faydalanmıştır.

RGM tasarımlarında ya da STEM etkinliklerinde olması gereken bir durum da iş birlikli öğrenme, takım çalışmasıdır. Çünkü 21. yüzyılın önemli becerileri arasında iş birlikli öğrenme, takım çalışması yer almaktadır (Vogt ve Roblin, 2010; Walser, 2008). Bu çalışmada da yapılan tasarımlarda takım çalışmaları veya takım içi sorumluluk paylaşımı gruplara göre farklılık göstermiştir. Bazı gruplarda sorumluluklar eşit paylaşılmış, bazılarında ise sorumluluk belirli sayıda öğrencinin üzerine kalmıştır. Ayrıca bazı gruplarda ise öğretmenlerin grup içi dinamiklere çok fazla müdahalede bulunduğu tespit edilmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlara da bakıldığında takım çalışması veya işbirliği ruhu tüm öğrencilerde oturmadığı gözükmektedir. Hâlbuki işbirliği ve takım çalışması bireylerin küçük yaş-

larda edinmesi gereken en önemli becerilerden birisidir (Larson, 2007). Ayrıca salgınla birlikte bireylerin şartlar ve zaman fark etmeksizin iş birlikli çalışmasının önemi de ortaya çıkmıştır (Feitosa ve Salas, 2021). Tüm bu açılardan bakıldığında bu yüzyılda öğrencilerin takım çalışması becerisini kazanması mecburi bir durumdur.

RGM tasarımları sürecinde öne çıkan diğer bir unsur da öğrencilerin tasarımlarında kullandıkları materyallerdir. Gruplar tasarımlarında genellikle günlük yaşamda kolay ulaşabilecekleri materyalleri kullanmayı tercih etmişlerdir. Bu durum öğrencilerin teknolojinin ya da mühendislik tasarımlarının temelini öğrenmelerine bununla birlikte gelişmiş teknolojik materyalleri kullanmadan da bu tür tasarımları gerçekleştirebildiğini kavramalarına sebep olacaktır. Nitekim RGM tasarımlarının buna ilişkin faydası olduğu belirtilmiştir (Stohlmann, Moore ve Roehrig, 2012; Deveci, 2019). Malzemelerin seçiminde önemli bir farklılık olarak hazır malzeme mi ya da öğrenciler tarafından mı oluşturulduğudur. Bu durumun önemli bir farklılık olmasındaki sebeplerden birisi öğrencilerin malzeme bulamadığında bir çözüm olarak kendi materyalini oluşturmasıdır. Bu şekilde öğrencilerin günlük yaşamda da karşılıklarına sorunlar çıktığında onlara çözüm arayacaklar (Dolen ve Cohen, 2018), bu sayede öğrencilerin yaratıcılık ve problem çözme becerileri gelişecektir. Ayrıca günlük yaşamda ulaşılacak ve ucuz malzemelerle yapılan STEM ve tasarım etkinlikleri bu uygulamaların küçük yaş gruplarından itibaren sınıf içinde uygulanabilirliğini ve sürdürülebilirliğini arttıracaktır.

RGM tasarımlarında öğrencilerin aşamaları nasıl tasarladıkları da önemli bir bulgudur. Çünkü tasarımlarda belirtilen sayılarda adımlar olması ve bu geçişlerin sorunsuz yapılması önemlidir (Acharya ve Sirinterlikci, 2010). Tasarımlarda ön plana çıkan unsurlardan birisi adımlar arası geçiş süresi olmuştur. Adımlar arası süre hızlı ise tasarımların anlaşılması zorlaşmış ya da hedefe ulaşamamış, hız düşük seviyede ise tasarımın anlaşılması ve görsel açıdan da izlenmesi daha iyi olmuştur. Bununla birlikte tasarımlarda diğer bir ayırım ise sürecin tek taraflı ya da iki taraflı izleyeceği ile ilgili olmuştur. Bazı gruplar kendileri için risk olarak süreci zorlaştırıp iki yönden ilerlemesini tercih etmişler bu sayede tasarımlarının daha fazla dikkat çekmesini istemişler, diğer gruplar ise daha az risk olarak tasarımlarının tek taraflı ilerleyerek hedefe daha kolay ulaşmayı tercih etmişlerdir.

RGM tasarımlarını etkileyen bir diğer unsur ise tasarımın yer aldığı alandır. Öğrencilere tasarımlarını oluştururken belirtilen alan ölçülerine uymaları gerektiği ifade edilmiştir. Bu kapsamda öğrenciler belirtilen alanlara tasarımlarını gerçekleştirirken farklı yöntemler kullandıkları görülmüştür. Genel itibariyle grupların tasarım alanını etkili kullanması ile RGM adımlarının doğru bir şekilde ilerlemesi arasında doğrudan bir ilişki ortaya çıkmıştır. Sınırlı bir bölgeye tasarımlarını konumlandırmaya çalışan öğrencilerin adımlarının birbirine girmesi neticesinde sistemlerinin çalışmaması sonucu doğarken, daha geniş bir alan çok boyutlu olarak konumlandırılan tasarımların ise daha nizami çalıştığı görülmüştür.

Öğrencilere erken yaşlardan itibaren kazandırılmaya başlanacak STEM becerileri ile öğrenciler farklı disiplinleri günlük yaşamda kullanmayı öğrenecekler ve karşılaştıkları günlük yaşam problemlerini kolaylıkla çözebileceklerdir. “Çılgın Makineler Yarışıyor” etkinliği gibi öğrencilerin farklı disiplinleri kullanacakları tasarım yarışmalarının yaygınlaştırılmasıyla öğrenciler günümüzün gereksinimi olan 21. yy. becerilerini (işbirlikçi öğrenme, eleştirel düşünme, problem çözme vb.) yaşıntılarına aktarabilecekler ve bir duruma farklı bakış açısıyla bakmayı öğreneceklerdir.

KAYNAKÇA

- Acharya, S. ve Sirinterlikci, A. (2010). Introducing engineering design through an intelligent Rube Goldberg implementation. *Journal of Technology Studies*, 36(2), 63-72. doi: 10.21061/jots.v36i2.a.7
- Avan, Ç., Gülgün, C., Yılmaz, A. ve Doğanay, K. (2019).STEM eğitiminde okul dışı öğrenme ortamları: Kastamonu bilim kampı. *Journal of Steam Education*, 2(1), 39-51.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington: National Science Teachers Association.
- Deveci, I. (2019). Reflections of Rube Goldberg Machines on the prospective science teachers' STEM awareness. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 19(2). Erişim adresi htt-

ps://www.citejournal.org/volume-19/issue-2-19/science/reflections-of-rube-goldberg-machines-on-the-prospective-science-teachers-stem-awareness

- Dolenc, N. ve Cohen, J. (2018). Approaches to teaching Rube Goldberg. *The Science Teacher*, 86(4), 32–39. <https://www.jstor.org/stable/26611993>
- Feitosa, J. ve Salas, E. (2021). Today’s virtual teams: Adapting lessons learned to the pandemic context. *Organizational Dynamics*, 50(1), 1-4.
- Karahan, E. ve Bozkurt, G. (2017). STEM eğitiminde matematik odaklı gerçek dünya problemleri ve matematiksel modelleme. Salih Çepni (Ed.), *Kuramdan Uygulamaya STEM Eğitimi* (s. 347-366). Ankara: Pegem Akademi Yayıncılık.
- Kim, Y. ve Park, N. (2012). The effect of STEAM education on elementary school student’s creativity improvement. In T. Kim, A. Stoica, W. Fang, T. Vasilakos, J. G. Villalba, K. P. Arnett, M. K. Khan ve B. Kang (Eds.) *Computer applications for security, control and system engineering* (pp. 115-121). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Larson, R. W. (2007). From “I” to “We”: Development of the capacity for teamwork in youth programs. In R. Silbereisen ve R. M. Lerner (Eds.), *Approaches to positive youth development* (pp. 277–292). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Marklin, B. (2018, February). How STEM inspired Rube Goldberg. Learning Liftoff. Retrieved from <https://www.learningliftoff.com/how-stem-inspired-rube-goldberg/>
- Merriam, S. B. (2009). *Qualitative research: A guide to design and implementation*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- MEB. (2018). 2023 Eğitim Vizyonu. http://2023vizyonu.meb.gov.tr/doc/2023_EGITIM_VIZYONU.pdf adresinden erişilmiştir.
- Stohlmann, M., Moore, T. J. ve Roehrig, G. H. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), Article 4. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>

- Tozluyurt, E. (2008). *Sayılar öğrenme alanı ile ilgili matematik tarihinden seçilen etkinliklerle yapılan dersler hakkında lise son sınıf öğrencilerinin görüşleri* (Yayın No. 218672) [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi].
- Voogt, J. ve Roblin, N. P. (2010). *21st century skills discussion paper*. Erişim adresi <https://www.bvekennis.nl/wp-content/uploads/document-s/10-0405-White-Paper-21stCS-Final-ENG-def2-1.pdf>
- Walser, N. (2008). Teaching 21st century skills. *Harvard Education Letter*, 24(5), 1-3.
- Yıldırım, A. ve Şimşek H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık: Ankara
- Zaza, S., Abston, K., Arik, M., Geho, P., & Sanchez, V. (2020). What CEOs have to say: Insights on the STEM workforce. *American Business Review*, 23(1), 136-155. <https://doi.org/10.37625/abr.2>