

STEM Etkinliklerinin STEM Ders Özellikleri Derecelendirme Ölçeği Kullanılarak Değerlendirilmesi*

Haki PEŞMAN**
Kübra DELİBALTA***
Üzeyir ARI****

Öz: Bu araştırma, fen bilimleri derslerinde gerçekleştirilen STEM etkinliklerinin, STEM Ders Özellikleri Derecelendirme Ölçeği'ne göre (STEM-DÖ) ne derece STEM ders özelliklerini yansıttığını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda çalışmada veri elde etmek için nitel araştırma yöntemlerinden doküman analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda, 2014-2021 yılları arasında Türkiye'de yayımlanmış 95 lisansüstü tez ve 43 akademik makalede yer alan toplam 465 STEM etkinliği incelenmiştir. Veriler, STEM Ders Özellikleri Derecelendirme Ölçeği'nde tanımlanan özelliklerin etkinliklerde ne ölçüde yansıtıldığını belirlemek amacıyla içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Bunun yanında kodlamalar neticesinde elde edilen nicel veriler ise SPSS 21 programı kullanılarak betimsel istatistikler için kullanılmıştır. Araştırmanın bulguları incelendiğinde, STEM etkinliklerinin genellikle "biraz" düzeyinde STEM ders özelliklerini yansıttığı tespit edilmiştir. Bulguların detaylarına bakıldığında, öğrencilerin problemlerle ilgilenmesini sağlama boyutunda yüksek bir performans sergilenirken, gerçek dünya problemleriyle ilişkilendirme ve tasarımların sunumu gibi özelliklerin zayıf olduğu tespit edilmiştir. Etkinlikler ağırlıklı olarak fizik disiplinine (%80'in üzerinde) odaklanmış, kimya ve biyoloji disiplinlerindeki etkinlikler sınırlı kalmıştır. Çalışmaların büyük bölümü 7. Sınıf düzeyinde yoğunlaşırken, erken yaşlarda STEM yaklaşımının yaygınlaştırılması gerektiği vurgulanmıştır. Araştırma bulguları, STEM etkinliklerinin geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymuş, literatürdeki benzer çalışmaları destekler nitelikte sonuçlar sunmuştur. Literatürde STEM etkinliklerinin öğrencilerin akademik başarısını artırdığı vurgulanmakta ve bu başarıların etkinliklerin iyileştirilmesiyle daha da geliştirilebileceği önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fen Bilimleri Eğitimi, STEM Etkinlikleri, STEM Ders Özellikleri Derecelendirme Ölçeği

Evaluating STEM Activities Using STEM Lesson Specifications Rating Scale

Abstract: This study aimed to determine the extent to which STEM activities implemented in science courses reflect the characteristics of STEM lessons, based on the STEM Lesson Specifications Rating Scale (STEM-LSRS). Document analysis, a qualitative research method, was employed to achieve this goal. A total of 465 STEM activities were analyzed, which were extracted from 95 postgraduate theses and 43 academic articles published in Türkiye between 2014 and 2021. Content analysis was used to assess how these activities aligned with the descriptors outlined in the STEM-LSRS. Additionally, quantitative data obtained through the coding process were analyzed using descriptive statistics in SPSS 21. The results indicated that STEM activities generally reflected STEM lesson characteristics at a moderate ("somewhat") level. While there was a strong emphasis on engaging students with problems, components such as connecting to real-world issues and presenting designs were found to be relatively weak. Most of the activities focused on the physics discipline (over 80%), with fewer examples in chemistry and biology. Most activities targeted the 7th-grade level. The findings suggest the need to improve the design of STEM activities and to expand their implementation to earlier grades. The results also support literature indicating that well-structured STEM activities enhance students' academic achievement.

Keywords: Science Education, STEM Activities, STEM Lesson Specifications Rating Scale.

*Bu makale Doç. Dr. Haki PEŞMAN danışmanlığında Kübra Delibalta tarafından hazırlanan "Fen Bilimleri Dersinde Yapılmış FETEMM Etkinliklerinin FETEMM Ders Özelliklerine Göre Değerlendirilmesi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

**Sorumlu Yazar, Doç. Dr., Fırat Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Elazığ-Türkiye, ORCID: [0000-0003-4778-2735](https://orcid.org/0000-0003-4778-2735), e-posta: h.pesman@gmail.com

***Yüksek Lisans Öğrencisi, Fırat Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Elazığ-Türkiye, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-4950-1126>, e-posta: kdelibalta23@gmail.com

****Arş. Gör. Dr., Fırat Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Elazığ-Türkiye, ORCID: [0000-0001-8598-4798](https://orcid.org/0000-0001-8598-4798), e-posta: uzeyirari@gmail.com

Giriş

STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) yaklaşımı, fen eğitimi araştırmaları içerisinde disiplinler arası bir eğitim modeli olarak son yıllarda hem teorik hem de uygulamalı araştırmaların merkezi haline gelmiştir (Gökbayrak ve Karışan, 2017; Pocalana vd., 2024). Bu yaklaşım, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin entegrasyonu yoluyla öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerini geliştirmeyi hedefleyen bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır (Widiyatmoko vd., 2025). STEM, disiplinler arası bir çerçeve sunmaktadır ve öğrencilerin problem çözme, yaratıcı düşünme ve inovasyon becerilerini geliştirmeyi hedeflemektedir (Gao vd., 2020; Honey, Pearson vd., 2014). Ayrıca öğrencilerin fen ve matematik bilgisini mühendislik tasarımları ve teknoloji kullanımı yoluyla uygulamalarını hedefler. Bu yaklaşımın öğrenciler üzerindeki etkileri üzerine yapılan çalışmalarda birçok olumlu katkısının olduğu rapor edilmiştir. STEM yaklaşımı temelli eğitimler sayesinde öğrencilerin fen ve matematik konularında akademik başarısının arttığı ifade edilmiştir (Becker & Park, 2011). Ayrıca STEM yaklaşımı, bilimsel bilgilerin gerçek dünya problemlerine uygulanmasını teşvik etmesinden dolayı öğrencilerin fen okuryazarlığını da geliştirmektedir (Bybee, 2010). Dahası, mühendislik ve teknolojiye olan ilgilerini artırarak bu alanlarda kariyer yapma motivasyonları da artmaktadır (Ribeirinha vd., 2024).

STEM yaklaşımının etkili bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için bazı temel koşullar ve gereklilikler bulunmaktadır. Bunun için, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin bütünleştirilmesine dayalı bir müfredatın oluşturulması büyük önem taşımaktadır. Bu bütünleşik yaklaşım, öğrencilerin disiplinler arası bağlantıları kurmasını ve öğrenmeyi anlamlı hale getirmesini sağlar (Bybee, 2010; Honey vd., 2014). Bununla birlikte öğretmenlerin de disiplinler arası perspektife sahip olması ve STEM pedagojisine yönelik bilgi ve becerilerle donatılmaları, eğitimin başarısı için kritik bir öneme sahiptir (Kelley & Knowles, 2016; Guzey vd., 2020). Bunlara ek olarak, STEM yaklaşımı için öğrenme ortamlarının, öğrencilerin yaratıcı düşünme, problem çözme ve takım çalışması becerilerini geliştirecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu süreçte, proje tabanlı öğrenme ve teknoloji destekli araçların entegrasyonu önemli bir rol oynar (Lachapelle & Cunningham, 2014; Cheng vd., 2020).

STEM yaklaşımı için kullanılan etkinliklerin disiplinler arası entegrasyon sağlayan, problem çözme ve yaratıcılığı teşvik eden bir öğrenme ortamı oluşturması gerekir. Bu ortamlar, öğrenciler gerçek dünya problemleriyle ilgili projelerde aktif olarak yer almasını ve mühendislik temelli çözümler geliştirmesini destekler (Bybee, 2010; Kelley & Knowles, 2016). STEM yaklaşımına yönelik etkinliklerin uygulanabilirliği, öğretmenlerin bu tür etkinlikleri planlama ve yürütme becerilerine bağlıdır. Bu nedenle öğretmenlerin STEM pedagojisi konusunda eğitilmesi ve STEM etkinliklerini etkili bir şekilde uygulayabilmeleri için gerekli araç ve kaynaklara sahip olması büyük önem taşımaktadır (Guzey vd., 2020; Lachapelle & Cunningham, 2014).

STEM yaklaşımının etkili bir şekilde uygulanabilmesi, yalnızca disiplinler arası entegrasyonu değil, aynı zamanda bu entegrasyonu destekleyen belirli ders özelliklerinin belirlenmesini ve uygulanmasını gerektirir. STEM dersleri, öğrencilerin gerçek dünya problemlerine yönelik çözümler geliştirmelerini, disiplinler arası bir bakış kazanmalarını ve mühendislik temelli düşünme becerilerini kullanmalarını sağlayan temel özelliklere sahip olmalıdır (Bybee, 2010; Kelley & Knowles, 2016).

STEM Ders Özellikleri

Jolly (2017) tarafından tanımlanan STEM derslerinde STEM etkinliklerinin hazırlanmasına ilişkin olarak literatürde yer alan yaklaşımlar aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

Gerçek dünya problemlerine odaklanma: STEM etkinliklerinin temel hedefi, öğrencilerin gerçek dünya problemlerine karşı çözümler getirmesini sağlamaktır. Bu kapsamda Honey ve diğerleri (2014), STEM yaklaşımında gerçek yaşam problemlerine dayalı senaryoların öğrencilerin ilgisini çektiğini ve problem çözme becerilerini artırdığını belirtmiştir. Örneğin, bir köprü ya da enerji verimliliği ile ilgili bir sorun, öğrencilerin mühendislik becerilerini fen ve matematik bilgileriyle entegre etmelerine olanak tanır.

Disiplinler Arası Entegrasyonu Destekleme: STEM etkinlikleri hazırlanırken, fen, matematik, mühendislik ve teknolojinin entegrasyonunu sağlamak önemlidir. Bununla birlikte Bybee (2010), STEM yaklaşımında disiplinler arası bir yaklaşımın, öğrencilerin karmaşık problemleri çözmede gerekli olan çoklu bakış açılarını geliştirdiğini savunmaktadır. Örnek olarak, bir su arıtma sistemi tasarlama etkinliği yapıldığında fen bilimi (su kimyası), mühendislik (tasarım süreci) ve matematik (ölçüm ve veri analizi) disiplinleri birleştirilebilir. Avrupa’da disiplinler arası entegrasyon stratejileri, öğrencilerin fen ve matematik derslerinde kazandıkları teorik bilgileri mühendislik uygulamalarına aktararak öğrenmelerini desteklemek için yaygın olarak kullanılmaktadır (Rocard vd., 2007).

Öğrenci Merkezli Öğrenme Ortamları Sunma: STEM etkinliklerinin öğrenci merkezli olarak tasarlanması, öğrencilerin aktif katılımını ve yaratıcı düşüncelerini teşvik eder. Öğrenci merkezli yaklaşımda, öğretmen rehberlik ederken, öğrenciler problem çözme sürecinin kontrolünü ele alır. Bu tür ortamlar öğrencilerin özgüvenini artırır ve yaratıcı çözümler üretmelerine olanak sağlar (Jolly, 2017).

Yaratıcı tasarımlar ve prototipler geliştirme: STEM etkinliklerinin en önemli bileşenlerinden biri, öğrencilerin yaratıcılıklarını kullanarak tasarımlar yapmaları ve prototipler geliştirmeleridir. Yaratıcı tasarım süreci, öğrencilerin mühendislik tasarım döngüsünü anlamalarını ve uygulamalarını sağlar (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2016). Honey ve diğerleri (2014), bu sürecin öğrencilerin düşünme becerilerini ve bilimsel süreçlere olan ilgilerini artırdığını ifade etmektedir.

Teknoloji Kullanımı ve İşbirliği: STEM etkinliklerinde teknolojinin kullanımı, öğrencilerin daha fazla katılım göstermesini sağlar. Yapılan bir çalışmada, öğrencilerin dijital araçlar kullanarak bilimsel deneyler yapmalarının, onların teknolojiyi daha etkili bir şekilde kullanmalarına ve bilimsel düşünme becerilerinin gelişmesine yardımcı olduğu görülmüştür (Becker & Park, 2011).

Jolly (2017) tarafından tanımlanan yukarıdaki özellikler STEM derslerinin etkili bir şekilde uygulanmasında kritik bir rol oynamaktadır. STEM etkinliklerinin bu özelliklere göre hazırlanması, eğitim sürecinde etkili öğrenme ve problem çözme becerilerinin geliştirilmesi için önemlidir.

Çalışmanın Önemi

STEM yaklaşımı, öğrencilerin bilimsel kavramları anlamlandırmalarını, bu bilgileri günlük yaşam problemlerine uygulamalarını ve disiplinler arası bir bakış açısı geliştirmelerini hedefleyen çağdaş bir eğitim modelidir (Bybee, 2010). Bu yaklaşımın etkili bir şekilde uygulanabilmesi için öğretim sürecinde belirli ders özelliklerinin yansıtılması gerekmektedir. Jolly (2017), etkili bir STEM dersinin gerçek dünya problemlerine odaklanması, disiplinler arası entegrasyonu desteklemesi, öğrenci merkezli öğrenme ortamları sunması ve yaratıcı tasarımlar ile prototiplerin geliştirilmesini sağlaması gerektiğini ifade etmektedir. Ancak STEM etkinliklerinin ne ölçüde bu temel özellikleri içerdiğine dair sistematik analizlerin sınırlı olduğu görülmektedir. Bu durum, STEM etkinliklerinin yalnızca uygulamada değil, aynı zamanda ders özellikleri açısından ne kadar nitelikli olduğunun da değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır.

Literatürde STEM etkinliklerinin yapılandırılmasında 5E öğrenme modeli (Bybee, 1997), probleme dayalı öğrenme (Hmelo-Silver, 2004), proje tabanlı öğrenme (Krajcik & Blumenfeld, 2006) ve mühendislik tasarım süreçlerinin (NGSS Lead States, 2013) yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Bu tür planlama örnekleri, STEM pedagojisinin kuramsal çerçevesini oluştursa da, bu planların içerdiği ders özelliklerinin sistematik olarak değerlendirildiği çalışmalar sınırlıdır. Bu bağlamda mevcut çalışma, STEM etkinliklerinin doğrudan “STEM Ders Özellikleri”ne dayalı bir ölçek aracılığıyla değerlendirilmesini sağlayarak, kuramsal modeller ile sınıf içi uygulamalar arasındaki köprüyü kurmayı hedeflemektedir.

Türkiye’de STEM yaklaşımı ile ilgili yapılan araştırmalar, öğrencilerin yaratıcılık, problem çözme ve bilimsel düşünme becerilerinde gelişmeler sağlandığını göstermektedir (Gülhan ve Şahin, 2018; Gökbayrak ve Karışan, 2017). Özellikle ortaokul düzeyindeki fen bilimleri derslerinde uygulanan STEM etkinliklerinin, öğrencilerin akademik başarılarının yanı sıra motivasyonlarına da olumlu katkı sunduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, bu çalışmalar genellikle belirli kazanımlara odaklanan etkinliklerin etkilerini incelemekte ve STEM ders özelliklerinin ne ölçüde yansıtıldığına dair sistematik değerlendirmeler sınırlı kalmaktadır. Ayrıca literatürdeki çoğu çalışmada etkinliklerin yalnızca öğrenci başarıları, tutum veya motivasyon gibi çıktılar açısından değerlendirildiği gözlenmiştir de (Şanlı ve Özerbaş, 2021; Gülhan ve Şahin, 2018; Büyükbastırmacı, 2019) bu etkinliklerin STEM ders özelliklerini ne derece yansıttığına dair sistematik analizlere rastlanmamıştır. Bu nedenle bu araştırma, ülkemizde uygulanan STEM etkinliklerinin doğrudan ders özelliklerine göre değerlendirilmesini sağlayarak hem içerik hem de yöntem açısından önemli bir boşluğu doldurmayı hedeflemektedir.

Araştırma Soruları

Bu çalışma STEM etkinliklerinin STEM ders özelliklerini ne derece yansıttığını analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada ele alınan araştırma soruları aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

1. STEM Ders Özellikleri Derecelendirme Ölçeği’nin (STEM-DÖ) alt boyutları nelerdir ve bu boyutlar STEM etkinliklerinin değerlendirilmesinde nasıl bir çerçeve sunmaktadır?
2. Fen Bilimlerinde yapılan STEM etkinlikleri, STEM-DÖ’ne göre STEM ders özelliklerini ne derece yansıtmaktadır?
3. Türkiye’de ortaokul düzeyinde yapılan STEM etkinlikleri genellikle hangi fen bilimleri dersi alt disiplini (örneğin fizik, kimya, biyoloji) yoğunlaşmakta ve STEM-DÖ’ye göre hangi disiplinde STEM ders özellikleri daha iyi yansıtılmaktadır?
4. Türkiye’de ortaokul düzeyinde yapılan STEM etkinlikleri hangi fen konularına yönelik olarak gerçekleştirilmiştir?
5. Türkiye’de ortaokul düzeyinde yapılan STEM etkinlikleri genellikle hangi sınıf düzeyinde gerçekleştirilmiştir?

Bu sorular, STEM etkinliklerinin kapsamını, ders özelliklerine uyum düzeyini ve Türkiye’deki uygulamalarını ayrıntılı bir şekilde analiz etmeyi hedeflemektedir.

Yöntem

Araştırma Modeli

Bu araştırma, fen bilimleri derslerinde uygulanan STEM etkinliklerinin, STEM Ders Özellikleri Derecelendirme Ölçeği (STEM-DÖ) kapsamında STEM ders özelliklerini ne ölçüde yansıttığını belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bu çalışma betimsel tarama modelinde bir çalışmadır. Araştırmada veriler, nitel araştırma yöntemlerinden doküman analizi yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Doküman analizi, daha önceden yazılı olarak kaydedilmiş bilgi kaynaklarının sistematik şekilde incelenmesine olanak sağlayan bir nitel veri toplama yöntemidir (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Araştırma kapsamında, 2014-2021 yılları arasında Türkiye’de yayımlanmış 95 lisansüstü tez ve 43 akademik makalede yer alan toplam 465 STEM etkinliği incelenmiştir. Verilerin analizinde içerik analizi tekniği kullanılmış; STEM-DÖ ölçeğine göre yapılandırılan değerlendirme süreci aracılığıyla etkinliklerin içerdiği ders özellikleri sistematik biçimde puanlanmıştır. Elde edilen nicel veriler SPSS 21 programı aracılığıyla analiz edilmiştir.

Evren ve Örneklem

Bu araştırmanın evreni, 2014-2021 yılları arasında Türkiye’de STEM yaklaşımı ve etkinlikleri ile ilgili yayımlanmış yüksek lisans/doktora tezleri ve makalelerden oluşmaktadır. 2014 öncesi çalışmalara yer verilmemiş olmasının nedeni Türkiye’de bu tarih öncesinde yapılmış STEM çalışmalarına rastlanılmamasıdır. Araştırmaya veri sağlamak amacıyla ULAKBİM, DergiPark ve YÖK Tez veri tabanında “Fen bilimlerinde STEM etkinlikleri”, “FeTeMM etkinlikleri”, “STEM eğitimi” ve “FeTeMM eğitimi” anahtar kelimeleriyle aramalar gerçekleştirilmiştir. Yapılan araştırma sonucunda 2014-2021 yılları arasında YÖK Tez veri tabanında STEM ile ilgili 389 adet lisansüstü teze ulaşılmıştır (bunlardan 325 tanesi yüksek lisans ve 64 tanesi de doktora tezi olarak yayınlanmıştır). DergiPark makale sisteminde yapılan araştırma sonucunda ise STEM ile ilgili 2014-2021 yılları arasında 185 makalenin olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla çalışmanın evreni toplam 574 çalışmadan oluşmaktadır. Bu çalışmalardan ortaokul düzeyinde, fen bilimleri dersinde yapılmış ve içerisinde STEM etkinlikleri bulunan çalışmalar amaçsal örnekleme yöntemi ile seçilmiştir. Ayrıca kolay örnekleme yönteminden de faydalanılarak, belirlenen çalışmalardan içeriğinin tamamına ulaşılabilen çalışmalar örnekleme dahil edilmiştir.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda, bu araştırmanın örneklemi 43 makale, 17 doktora tezi ve 78 yüksek lisans tezinden olmak üzere toplam 138 çalışmadan oluşmuştur (Tablo 1).

Tablo 1.

İncelenen Makale ve Lisansüstü Tezlerle ilgili Sayısal Veriler

	Yıllara göre dağılım								Toplam
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	
Makale	2	2	-	6	8	9	11	5	43
Doktora tezi	1	-	3	1	3	2	1	6	17
Yüksek Lisans Tezi	1	-	1	3	10	40	11	12	78
Toplam	4	2	4	10	21	51	23	23	138

Veri Toplama Araçları

Bu araştırmada, fen bilimleri derslerinde yapılan STEM etkinliklerinin STEM dersi özelliklerini ne derece yansıttığını değerlendirmek amacıyla, Jolly (2017) tarafından yayımlanan *STEM By Design* kitabında bulunan STEM Ders Özellikleri Ölçeği Türkçeye uyarlanmış ve veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Bu ölçek, STEM etkinliklerinin ders özelliklerine uygunluğunu belirlemek üzere tasarlanmıştır.

Türkçeye Uyarlama Süreci

Ölçeğin Türkçeye uyarlama süreci aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir:

1. Çeviri ve Geri Çeviri: Ölçek, alan eğitimi konusunda uzman ve iyi derecede İngilizce bilen iki uzman tarafından Türkçeye çevrilmiştir. Daha sonra, ölçek İngiliz Dili ve Edebiyatı öğrencisi tarafından tekrar İngilizceye çevrilmiş ve orijinal ölçek ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada, birkaç küçük kelime farklılığı dışında ölçeğin büyük oranda orijinaliyle uyumlu olduğu görülmüştür.

2. Uzman Görüşleri: Çeviri süreci boyunca fizik eğitimi alanında uzman bir akademisyen ile iyi derecede İngilizce bilen bir uzmandan destek alınmıştır. Böylece ölçeğin hem dil hem de içerik açısından doğruluğu sağlanmıştır.

Ölçeğin Yapısı

Ölçeğin orijinal hali 11 madde içermekte ve 3'lü Likert formatı (“No”, “Somewhat”, “Yes”) şeklindedir.

Türkçeye uyarlanan formda, bu ifadeler sırasıyla “Hayır”, “Biraz” ve “Evet” olarak çevrilmiş ve ölçek 11 madde ile orijinal yapısı korunarak kullanılmıştır.

Ölçeğin Kullanımı

Ölçeğin puanlama anahtarı Tablo 2’de verilmiştir. Bu anahtar, ölçeğin kullanımı sırasında etkinliklerin STEM ders özelliklerini ne kadar yansıttığını değerlendirmek için referans olarak kullanılmıştır. Bu süreçte ölçek, araştırma kapsamında incelenen makale ve tezlerde yer alan STEM etkinliklerinin STEM dersi özelliklerine uygunluğunu sistematik bir şekilde sınıflandırmak için kullanılmıştır.

Tablo 2.

STEM-DÖ’nün puanlama anahtarı

Seçenekler	STEM Ders Özelliği Bulundurma
Hayır	0
Biraz	1
Evet	2

Ölçekte yer alan maddeler Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3.

STEM-DÖ maddeleri

Maddeler
1. STEM dersi, gerçek bir problem sunuyor mu (mühendislik uğraşısı)?
2. STEM dersinde öğrenciler problemle ilgili olacak mı?
3. STEM dersi, problemi başarılı bir şekilde çözmek için çok sayıda kabul edilebilir ve yaratıcı yaklaşıma müsaade ediyor mu?
4. STEM dersi, sınıf düzeyindeki önemli fen bilgisi ve matematik konularını birleştirerek uyguluyor mu?
5. STEM dersi, problem çözme yaklaşımı olarak mühendislik tasarım sürecini açık bir şekilde kullanıyor mu?
6. STEM dersi, öğrenci merkezli basit araç gereçlerle yapılan öğretim ve öğrenme yaklaşımını kullanıyor mu?
7. STEM dersi, bir model veya prototipin tasarımı ve geliştirilmesine yönlendiriyor mu?
8. Teknolojinin STEM dersindeki rolü öğrenciler için net mi?
9. STEM dersi, öğrencileri amaçlı bir takım çalışmasına teşvik ediyor mu?
10. STEM dersi, çözümlerin sağlamasını ve bulguların değerlendirmesini içeriyor mu?
11. STEM dersi, öğrencilerin tasarım ve bulgularını sunmalarını sağlıyor mu?

Ölçeğin Güvenirliği

Araştırmada kullanılan ölçme aracının önemli bir özelliği, güvenilirliğinin yüksek olmasıdır. Başka bir deyişle, ölçüm işleminin tekrar edilmesi durumunda sonuçların kararlı, tutarlı ve duyarlı olması beklenir (Tezbaşaran, 1997). Güvenirlik, ölçme aracındaki maddelerin tutarlılığını ve bu maddelerin ölçtükleri özellikleri ne derece doğru yansıttığını belirlemek açısından kritik öneme sahiptir.

Bu çalışmada 95 lisansüstü tez ve 43 makaleden elde edilen toplam 465 STEM etkinliği, araştırmacı tarafından STEM Ders Özellikleri Derecelendirme Ölçeği (STEM-DÖ) kullanılarak puanlanmıştır. Ayrıca, araştırmacının objektifliğini ve kodlamanın güvenilirliğini ölçmek amacıyla, bu etkinliklerden 8 tez ve 7 makalede bulunan toplam 43 etkinlik bir başka uzman tarafından da puanlanmıştır.

Araştırmada, Cronbach Alpha katsayısı ölçme aracının iç tutarlılığını belirlemek için kullanılmıştır. De Vellis (2012), Cronbach Alpha katsayısının yaygın olarak güvenilirlik analizlerinde tercih edildiğini ve ideal olarak bu değer 0.70’in üzerinde olması gerektiğini belirtmiştir. Ayrıca nitel veri analizinin güvenilirliği bağımsız bir uzman tarafından kodlamanın yapılmasıyla sınanmıştır. Araştırmacı ve uzmanın kodlamaları arasında büyük bir korelasyon gözlemlenmiştir. Araştırmacının puanladığı verilerin analizi sonucunda elde edilen Cronbach Alpha değeri 0.802 olarak hesaplanmıştır. Uzman tarafından yapılan puanlama sonucunda elde edilen Cronbach Alpha değeri ise 0.803 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada, STEM etkinliklerinin STEM-DÖ ölçeğine göre değerlendirilmesi sürecinde her ne kadar ölçek puanlamasına dayalı sayısal veriler elde edilmiş olsa da, bu puanlamaların temelinde yatan süreç nitel veri analizi (doküman analizi + içerik analizi) ilkelerine dayanmaktadır. Bu nedenle araştırmacı ve uzman tarafından yapılan puanlamalar arasındaki tutarlılığı göstermek için sadece Cronbach Alpha değeri sunulmakla yetinilmemiş, ayrıca kodlayıcılar arası güvenilirlik ilkesine uygun şekilde değerlendirme yapılmıştır. Nitel araştırmalarda güvenilirlik, kodlayıcılar arasında elde edilen benzerlik, tutarlılık ve yorumlayıcı önyargılardan arınmışlık ilkeleriyle açıklanmaktadır (Miles & Huberman, 1994;

Lincoln & Guba, 1985). Bu bağlamda, çalışmada hem araştırmacı hem de bağımsız bir alan uzmanı tarafından aynı STEM etkinlikleri puanlanmış; sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirme sürecinin iç tutarlılığı sağlanmıştır.

Bu sonuçlar, ölçme aracının yüksek bir iç tutarlılığa sahip olduğunu ve hem araştırmacı hem de uzman tarafından yapılan puanlamaların tutarlı olduğunu göstermektedir. Böylece, çalışmada kullanılan STEM-DÖ'nün güvenilirliği kanıtlanmış ve elde edilen verilerin analizinde kullanılan yöntemin doğruluğu teyit edilmiştir.

Veri Analizi

Bu araştırmada, elde edilen verilerin analizinde nitel veri analizi yöntemlerinden biri olan içerik analizi yöntemi kullanılmıştır. İçerik analizi, toplanan verilerin yazılı veya sözlü olarak sınıflandırılmasını, organize edilmesini ve yapılandırılmasını sağlayan bir yöntemdir. Bu yöntem, verilerin anlamlı bir şekilde kategorize edilerek genel bir çerçeve oluşturulmasını ve kuramsal çıkarımlarda bulunulmasını mümkün kılmaktadır (Gökçe, 2006).

İçerik analizinin uygulanışı

Araştırmada kullanılan STEM Ders Özellikleri Derecelendirme Ölçeği doğrultusunda her bir etkinlik, ölçeğin 11 maddesi esas alınarak analiz edilmiştir. Örneğin, "Köprü Yapımı" adlı STEM etkinliği kapsamında öğrencilerden yalnızca patates ve çöp şiş kullanarak belirli bir uzunluk ve genişlikte en dayanıklı köprüyü inşa etmeleri istenmiştir. Etkinlikte yer alan yönergeler ve kazanımlar doğrultusunda bu etkinlik, öğrencilerin problemlerle ilgilenmesini sağlama (madde 2) ve mühendislik tasarım sürecine açıkça yer verme (madde 5) açısından "evet" olarak kodlanmış ve 2 puan olarak puanlanmıştır. Öğrencilerin sınırlı malzemelerle yaratıcı çözümler geliştirmeleri beklendiği için çoklu çözüm yollarına izin verme (madde 3) ve prototip geliştirmeye yönlendirme (madde 7) maddeleri de "evet" olarak kodlanmış ve 2 puan olarak puanlanmıştır. Ancak etkinlikte öğrencilerin ürünlerini sözlü veya yazılı biçimde sunmalarına dair bir yönlendirme bulunmadığı için tasarım ve bulguların sunumu (madde 11) maddesi "hayır" olarak kodlanmış ve 0 "sıfır" olarak puanlanmıştır. Etkinlik, gerçek dünya problemleriyle ilişkilendirme (madde 1), teknolojiyi kullanma (madde 8) ve fen-matematik entegrasyonu (madde 4) gibi bazı maddelerde ise "biraz" olarak kodlanmış ve 1 puan olarak puanlanmıştır. Bu örnek üzerinden her bir etkinlik, ölçek maddelerine göre benzer biçimde puanlanarak içerik analizine tabi tutulmuştur.

Bulgular

STEM etkinliklerinin STEM-DÖ'ye göre değerlendirilmesi sonucunda elde edilen bulgular, araştırma sorularının cevaplanması yoluyla bu bölümde verilmiştir.

Araştırma Sorusu 1: STEM-DÖ'nün alt boyutları nelerdir ve bu boyutlar STEM etkinliklerinin değerlendirilmesinde nasıl bir çerçeve sunmaktadır?

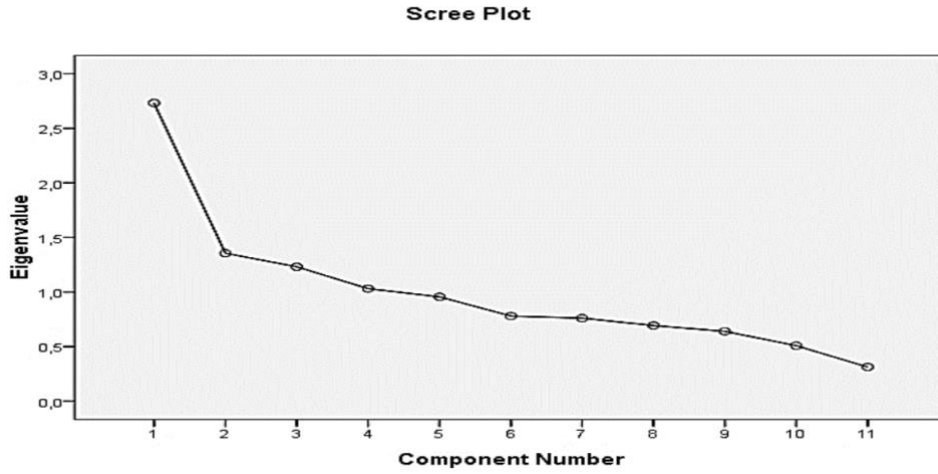
Araştırmada kullanılan STEM Derecelendirme Ölçeği, Jolly (2017) tarafından yayımlanan STEM By Design kitabında bulunan STEM Ders Özellikleri Ölçeği'nin Türkçeye uyarlanmış bir versiyonu olarak tasarlanmıştır (Tablo 3). Bu ölçek, fen bilimleri derslerinde yapılan STEM etkinliklerinin STEM dersi özelliklerine uygunluğunu ölçmek için kullanılmıştır. Elde edilen 465 STEM etkinliği, ölçek kapsamında puanlanmış ve veriler SPSS 21 programı kullanılarak analiz edilmiştir.

Örneklemin faktör analizi için uygunluğunu değerlendirmek amacıyla Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) ve Barlett Küresellik Testi uygulanmıştır. Bu testler, verilerin faktör analizine uygunluğunu ve yeterliliğini doğrulamayı amaçlar. KMO Testi, verilerin örneklem yeterliliğini ölçer ve ideal olarak değeri 0.70'in üzerinde olmalıdır. Bu çalışma için elde edilen KMO değeri ,706'dır. Barlett Küresellik Testi ise verilerin küresel olup olmadığını test eder ve faktör analizine uygunluğunu test eder. Anlamlı bir sonuç ($p < ,05$), verilerin faktör analizi için uygun olduğunu gösterir. Bu çalışma için Barlett Küresellik Testi bulguları anlamlı bir sonuç vermiştir ($\chi^2 = 768,093$; $p < ,001$).

Araştırmada kullanılan STEM-DÖ'nün geçerlik çalışmaları kapsamında, örneklem büyüklüğünün faktör analizine uygun olduğu KMO ve Barlett Küresellik Testleri ile doğrulandıktan sonra, ölçeğin faktör yapısını gözlemlemek için Scree Plot grafiği kullanılmıştır. Bu grafik, faktör analizi sonucunda ölçme aracındaki faktörlerin öz değerlerini görselleştirmek için kullanılmıştır ve Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1.

Scree Plot Grafiği



Şekil 1'deki Scree Plot grafiği incelendiğinde, ölçeğin 11 maddesinin faktör analizi ve varimax döndürme yöntemi ile analiz edilmesi sonucunda, öz değeri 1'in üzerinde olan dört faktörlü bir yapı ortaya çıkmıştır. Bu dört faktör, STEM etkinliklerinin belirlenen özelliklere ne derece uygun olduğunu değerlendirmek amacıyla ölçeğin temel boyutlarını oluşturmaktadır.

Tablo 4.

Ölçme Aracı Faktör Yapısının Tespitine Yönelik Analiz

Faktör No	Özdeğerler	Varyans (%)	Birikimli Varyans (%)
1	2,732	24,835	24,84
2	1,356	12,326	37,16
3	1,231	11,190	48,35
4	1,031	9,373	57,72
5	,956	8,689	

Tablo 4'te görüldüğü üzere STEM-DÖ'nün faktör analizi sonuçlarına göre, ölçeğin dört faktörlü bir yapıya sahip olduğu belirlenmiştir. Faktörlerin öz değerlerinin 1'den büyük olduğu ve toplam varyansın %57,72'sini açıkladığı gözlemlenmiştir. Faktörlerin ölçekte tercih edilmesi için öz değerlerinin 1'den büyük olması gerektiği, Büyüköztürk (2002) tarafından vurgulanmıştır. Bu analiz sonuçları, ölçeğin yapı geçerliliğini desteklemektedir. Elde edilen verilere göre faktörlerin açıkladığı varyans oranları %9,373 ile %24,835 arasında değişmektedir. Toplam varyansın %57,72'si bu dört faktör tarafından açıklanmıştır. Bu oran, Kline (1994)'ün belirttiği gibi %40'ın üzerindedir ve bu nedenle kabul edilebilir bir düzeyde olduğu ifade edilebilir. Ölçeğin toplam varyansın büyük bir kısmını açıklaması, STEM etkinliklerinin değerlendirilmesinde etkili bir ölçme aracı olduğunu göstermektedir. Faktörlerin ve maddelerin dağılımı Varimax döndürme yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu yöntem, ölçeğin her bir maddesinin hangi faktör altında yer aldığını belirlemek ve faktör yüklerini netleştirmek için kullanılmıştır.

Tablo 5.

STEM Ders Özellikleri Derecelendirme Ölçeği Maddelerinin Varimax Döndürme Yöntemi Sonrası Yük Değerleri ve Faktörde Yer Alan Maddeler

Madde No	Faktör 3	Faktör 4	Faktör 1	Faktör 2
6	,806			
7	,786			
5	,720			
11		,766		
10		,734		
3		,488		
2			,814	
1			,565	
9			,497	
4				,789
8				,724

Tablo 5'e göre STEM-DÖ'nün faktör yükleri, dört faktör altında değerlendirilen toplam 11 madde üzerinden analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, faktör yüklerinin 0,48 ile 0,81 arasında değiştiğini ve tüm maddelerin ölçme aracında yer alabilecek düzeyde uygun olduğunu göstermektedir. Maddelerin faktörlere olan yük değerlerinin 0,30'dan büyük olması, bu maddelerin ölçekte kullanılabilir olduğunu göstermektedir (Kline, 1994). Bu çalışmada, tüm maddelerin faktör yük değerlerinin 0,30'un üzerinde olduğu ve en az iki faktör arasındaki yük farkının 0,10'dan fazla olduğu gözlenmiştir (Büyüköztürk, 2010). Bu nedenle, çalışmada hiçbir madde ölçekten çıkarılmamıştır ve toplam madde sayısı 11 olarak korunmuştur. Varimax döndürme yöntemi ile elde edilen faktör yükleri şu kriterlere göre sınıflandırılmıştır (Field, 2002): 0,32-0,44: kötü; 0,45-0,54: Normal; 0,55-0,62: İyi; 0,63-0,70: Çok iyi; 0,70 ve üzeri: Mükemmel. Tablo 5'teki verilere göre: sekiz madde 0,70 ve üzeri faktör yüküne sahip ve "mükemmel" düzeyde, bir madde 0,55-0,62 arasında yani "iyi" düzeyde, iki madde de 0,45-0,54 arasında yani "normal" düzeydedir.

Ölçekteki maddeler Tablo 5'te görüldüğü şekliyle dört faktör altında toplanmış ve Tablo 6'daki gibi isimlendirilmiştir:

Tablo 6.

Faktör adları ve faktörlerde yer alan maddeler ile her bir boyutun alabileceği minimum ve maksimum puanlar

Faktör No	Faktör İsmi	Maddeler	Madde Sayısı	Puan Aralığı
1	Problem Tanımlama	1, 2, 9	3	0 – 6
2	Disiplinleri bir arada kullanma	4, 8	2	0 – 4
3	Mühendislik ve Tasarım	5, 6, 7	3	0 – 6
4	Materyal Sunma ve Değerlendirme	3, 10, 11	3	0 – 6
Toplam			11	0 – 22

Araştırma Sorusu 2: Fen bilimlerinde yapılan STEM etkinlikleri, STEM Ders Özellikleri Derecelendirme Ölçeği (STEM-DÖ) kullanılarak ne derece STEM ders özelliklerini yansıtmaktadır?

Tablo 7.

Tez ve Makale çalışmalarındaki STEM etkinliklerinin STEM-DÖ ortalamaları

Faktörler	Maddeler	N	X	SS
1. Problemi Tanımlama	1. STEM dersi, gerçek bir problem sunuyor mu (mühendislik uğraşısı)?	465	1,28	,78
	2. STEM dersinde öğrenciler problemle ilgili olacak mı?	465	1,94	,26
	9. STEM dersi, öğrencileri amaçlı bir takım çalışmasına teşvik ediyor mu?	465	1,85	,49
	Faktör 1 Genel Ortalama	465	1,73	,47
2. Disiplinleri bir arada kullanma	4. STEM dersi, sınıf düzeyindeki önemli fen bilgisi ve matematik konularını birleştirerek uyguluyor mu?	465	1,59	,63
	8. Teknolojinin STEM dersindeki rolü öğrenciler için net mi?	465	1,90	,35
	Faktör 2 Genel Ortalama	465	1,87	,36
	5. STEM dersi, problemleri çözme yaklaşımı olarak mühendislik tasarım sürecini açık bir şekilde kullanıyor mu?	465	1,80	,49
3. Mühendislik ve Tasarım	6. STEM dersi, öğrenci merkezli basit araç gereçlerle yapılan öğretim ve öğrenme yaklaşımını kullanıyor mu?	465	1,76	,48
	7. STEM dersi, bir model veya prototipin tasarımı ve geliştirilmesine yönlendiriyor mu?	465	1,82	,49
	Faktör 3 Genel Ortalama	465	1,84	,44
	3. STEM dersi, problemi başarılı bir şekilde çözmek için çok sayıda kabul edilebilir ve yaratıcı yaklaşıma müsaade ediyor mu?	465	1,48	,56
4. Materyal Sunma ve Değerlendirme	10. STEM dersi, çözümlerin sağlamasını ve bulguların değerlendirmesini içeriyor mu?	465	1,57	,59
	11. STEM dersi, öğrencilerin tasarım ve bulgularını sunmalarını sağlıyor mu?	465	1,18	,76
	Faktör 4 Genel Ortalama	465	1,41	,59

Tablo 7'deki veriler, STEM-DÖ ölçeğinin dört faktörüne göre STEM etkinliklerinin değerlendirme sonuçlarını göstermektedir.

Ölçeğin birinci faktörü olan "problemi tanımlama" boyutunda genel ortalama 1,73'tür. Bu faktör, STEM etkinliklerinin problemleri tanımlama ve öğrencilerin bu problemlere ilgi duymasını sağlama becerisini değerlendirmektedir. Bulgular, öğrencilerin problemle ilgilenmesini sağlama açısından yüksek bir ortalamaya sahip olduğunu ($X=1,94$) göstermektedir.

Ancak “gerçek bir problem sunma” boyutunda düşük bir puana (1,28) sahiptir. Bu da STEM etkinliklerinde gerçek yaşam bağlantılarının yeterince sunulmadığını göstermektedir.

Ölçeğin ikinci faktörü olan “Disiplinleri Bir Arada Kullanma” boyutunda genel ortalama 1,87’dir. Bu faktör de fen, matematik, mühendislik ve teknolojinin bir arada kullanıldığı etkinlikleri değerlendirmektedir. Teknolojinin derslerde net bir şekilde ifade edilmesi ($X=1,90$) güçlü bir özelliktir. Bununla birlikte, fen ve matematik entegrasyonunun ($X = 1,59$) görece daha düşük olduğu gözlenmektedir. Disiplinler arası yaklaşımın daha iyi bir şekilde uygulanması gerektiği söylenebilir.

Ölçeğin üçüncü faktörü olan “Mühendislik ve Tasarım” faktörünün genel ortalaması 1,84’tür. Bu faktör, STEM etkinliklerinin mühendislik ve tasarım süreçlerine odaklanmasını değerlendirmektedir. Bulgular, etkinliklerin mühendislik tasarımlarını ve prototip oluşturma süreçlerini başarıyla içerebildiğini ($X=1,82$) göstermektedir. Ancak, öğrenci merkezli öğrenme yaklaşımının biraz daha geliştirilmesi gerektiği (1,76) dikkat çekmektedir.

Ölçeğin dördüncü faktörü “Materyal Sunma ve Değerlendirme” ise 1,41 değerinde bir genel ortalamaya sahiptir. Bu faktör, STEM etkinliklerinde öğrencilerin elde ettikleri sonuçları değerlendirme ve sunma süreçlerini kapsar. Faktör ortalaması oldukça düşüktür ($X=1,41$), özellikle tasarım ve bulguların sunulması maddesinde ($X=1,18$) çok düşük puan alınmıştır. Bu durum, öğrencilerin çalışmalarını paylaşma ve değerlendirmenin etkin bir şekilde yapılmadığını göstermektedir.

Tablo 6’daki verileri özetlemek gerekirse incelenen STEM etkinlikleri, mühendislik ve tasarımlarını ve prototip geliştirme süreçlerini başarılı bir şekilde içermektedir. Bu etkinliklerde, öğrencilerin tasarım ve bulgularını değerlendirme süreçlerinde ciddi eksiklikler bulunmaktadır. Başka bir bulgu da öğrencilerin problemlerle ilgilenmesini sağlama güçlü bir boyut olarak öne çıkarken bu problemlerin gerçek yaşam bağlamına dayandırılmasının yetersizliğidir. Ayrıca teknolojinin kullanımı güçlü bir şekilde vurgulanmıştır, ancak fen ve matematik entegrasyonu görece daha düşük bir düzeyde kalmıştır.

Araştırma Sorusu 3: Türkiye’de ortaokul düzeyinde yapılan STEM etkinlikleri genellikle hangi fen bilimleri dersi alt disiplininde (örneğin fizik, kimya, biyoloji) yoğunlaşmakta ve STEM-DÖ’ye göre hangi disiplinde STEM ders özellikleri daha iyi yansıtılmaktadır?

STEM etkinliklerinin fizik, kimya ve biyoloji disiplinlerine dağılımı Tablo 8’de gösterilmiştir. Bu tabloda makaleler ve lisansüstü tez çalışmalarındaki etkinliklerin dağılımı, ortalama puanları ve yüzdelik oranları karşılaştırılmaktadır.

Tablo 8.

Makale ve Lisansüstü Tez Çalışmalarındaki Etkinliklerin STEM Ders Özellikleri Derecelendirme Ölçeğinin Alt Boyutlarının Fen Bilimleri Dersi Alt Disiplinlerine Göre Ortalama Puan ve Yüzde Dağılımı

Fen bilimleri dersi alt disiplinleri	Makaleler			Lisansüstü Tezler		
	Etkinlik Sayısı	Etkinlik Ortalama Puanı	Etkinlik Ortalama Yüzde	Etkinlik Sayısı	Etkinlik Ortalama Puanı	Etkinlik Ortalama Yüzde
	frekans(f)	X	%	f	X	%
Fizik	68	6,75	84	266	6,90	86
Kimya	13	5,92	74	52	6,92	87
Biyoloji	24	6,83	85	38	6,97	87

Tablo 8’deki veriler incelendiğinde fizik disiplini, hem makalelerde hem de lisansüstü tezlerde en fazla etkinliğin gerçekleştirildiği alan olarak öne çıkmaktadır. Bu durum, fizik disiplininin STEM etkinliklerinde mühendislik ve matematikle entegrasyona daha elverişli olmasından kaynaklanıyor olabilir. Ayrıca, fizik konularının günlük yaşamla ilişkilendirilmesi daha kolay olduğu için etkinliklerde tercih edildiği söylenebilir.

Kimya disiplininde gerçekleştirilen etkinlik sayısı fizik ve biyolojiye göre oldukça düşüktür. Bunun nedeni, kimya disiplinindeki konuların deneysel süreçler gerektirmesi ve mühendislik tasarımıyla entegrasyonunun diğer disiplinlere göre daha karmaşık olmasından kaynaklanıyor olabilir. Ancak lisansüstü tezlerdeki ortalama yüzdelik değer (%87), etkinliklerin STEM ders özelliklerini yüksek düzeyde yansıttığını göstermektedir.

Biyoloji disiplinindeki etkinlikler, makalelerde fizik disiplininden daha az sayıda olmasına rağmen yüksek ortalama puanlara sahiptir. Lisansüstü tezlerde ise biyoloji etkinliklerinin STEM ders özelliklerini oldukça yüksek bir oranda (%87) yansıttığı gözlenmiştir. Bu durum, biyolojinin mühendislik tasarımıyla bağlantılı olarak özellikle çevre ve sürdürülebilirlik konularında başarılı entegrasyonlar sağladığını gösterebilir.

Özetle, STEM etkinlikleri en çok fizik disiplininde gerçekleştirilmiştir. Hem makalelerde hem de lisansüstü tezlerde bu disiplin, yüksek etkinlik sayısı ve ortalama yüzdelik değeriyle liderdir. Kimya, fizik ve biyolojiye göre daha az tercih

edilmiştir. Ancak, lisansüstü tezlerdeki yüzdelik değer (%87), kimya etkinliklerinin etkili bir şekilde uygulandığını göstermektedir. Biyoloji, fizik kadar yoğun bir şekilde ele alınmasa da yüksek ortalama puan ve yüzdelik değerlerle STEM etkinliklerinin özelliklerini başarılı bir şekilde yansıtmaktadır.

Araştırma Sorusu 4: Türkiye’de ortaokul düzeyinde yapılan STEM etkinlikleri hangi fen konularına yönelik olarak gerçekleştirilmiştir?

Türkiye’de ortaokul düzeyinde gerçekleştirilen STEM etkinliklerinin hangi fen konularında yoğunlaştığı ile ilgili bilgiler Tablo 9’da verilmiştir. Bu tabloda makale ve lisansüstü tez çalışmalarındaki etkinliklerin frekansları (f) ve yüzdelik dağılımları sunulmuştur.

Tablo 9.

Makalelerde ve Lisansüstü Tezlerde STEM Etkinliklerinin Yapıldığı Fen Konularına Göre Frekans ve Yüzde Dağılımları

Alt disiplinler	Konular	Makalelerde		Lisansüstü Tezlerde	
		f	%	f	%
Fizik	Astronomi	2	2,94	1	1,08
	Güneş Sistemi ve Ötesi	1	1,47	-	-
	Aydınlatma ve Ses Teknolojileri	1	1,47	3	3,26
	Aynalarda Yansıma ve Işığın Soğurulması	-	-	6	6,52
	Basınç	-	-	2	2,18
	Basit Makineler	2	2,94	3	3,26
	Deprem ve Hava Olayları	-	-	1	1,08
	Elektrik Devre Elemanları	-	-	2	2,18
	Basit Elektrik Devreleri	1	1,47	-	-
	Elektrik Enerjisi	-	-	7	7,61
	Elektrik İletimi	3	4,41	2	2,18
	Enerji ve Enerji Dönüşümleri	7	10,3	2	2,18
	Isı ve Sıcaklık	-	-	1	1,08
	Isı Yalıtımı ve Ülke Kazanımı	1	1,47	-	-
	Işığın madde ile etkileşimi	1	1,47	2	2,18
	Işığın soğurulması	-	-	3	3,26
	Işık ve ses	2	2,94	2	2,18
	Işığın Yayılması	7	10,3	-	-
	Evsel Atıklar ve Geri Dönüşüm	-	-	1	1,08
	İş-Enerji	2	2,94	-	-
	Kuvvet ve Enerji	3	4,41	7	7,61
	Kuvvet ve Hareket	2	2,94	10	10,87
	Kuvvet ve Denge	3	4,41	-	-
	Kuvvet ve katı basıncı ilişkisi	-	-	1	1,08
	Kuvvetin ölçülmesi ve sürtünme	7	10,3	3	3,26
Kimya	Yaşamımızdaki Elektrik	2	2,94	2	2,18
	Saf madde ve karışımlar	1	1,47	2	2,18
	Karışımların Ayrıştırılması	1	1,47	-	-
	Madde ve Isı	-	-	6	6,52
	Madde ve Değişim	1	1,47	-	-
	Maddenin yağısı ve özellikleri	-	-	2	2,18
	Asitler ve Bazlar	-	-	2	2,18
	Yer Kabuğunun Gizemi	1	1,47	-	-
Biyoloji	Vücudumuzdaki sistemler	2	2,94	1	1,08
	Hücre ve Bölünmeler	1	1,47	-	-
	Canlılar ve Yaşam	6	8,82	6	6,52
	Besinlerimiz	1	1,47	-	-
	DNA ve Genetik Kod	1	1,47	-	-
	Bitkilerde ve hayvanlarda üreme, büyüme ve gelişme	2	2,94	-	-
	İnsanda üreme, büyüme ve gelişme	-	-	1	1,08
	Bilim ve Teknoloji Uygulama	1	1,47	-	-
	STEM Etkinlikleri	3	4,41	9	9,80

Toplam	68	100	92	100
---------------	-----------	------------	-----------	------------

Tablo 9'daki veriler incelendiğinde, STEM etkinliklerinin büyük çoğunluğunu fizik konularının oluşturduğu görülmektedir. En fazla etkinlik uygulanan konular “Kuvvet ve Hareket” ile “Kuvvetin ölçülmesi ve sürtünme” konularında olmuştur. Diğer dikkat çeken konular arasında enerji dönüşümleri, ışığın yayılması ve elektrik enerjisi yer almaktadır. Burada fizik disiplini açısından baktığımızda konuların özellikle kuvvet, hareket ve enerji konularında yoğunlaştığı görülmektedir. Bu konuların günlük yaşamla ilişkilendirilmesi ve mühendislik tasarımıyla entegrasyonu diğer konulara göre daha kolay olabilir. Kimya etkinlikleri diğer disiplinlere göre daha az tercih edilmiştir. Bunun nedeni, kimya konularının daha fazla deneysel ekipman gerektirmesi ve STEM bağlamında daha sınırlı bir entegrasyon sunmasından kaynaklanıyor olabilir. Biyoloji konuları, çevre ve sürdürülebilirlik gibi güncel sorunlarla ilişkilendirildiğinde etkili bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak genel olarak biyoloji etkinliklerinin sayısı fizik etkinliklerine kıyasla daha düşüktür. Bu tablo, STEM etkinliklerinin fen disiplinlerine ve konularına göre dağılımını sistematik bir şekilde ortaya koyarak uygulamalarda görülen eğilimleri ve eksiklikleri netleştirmektedir.

Araştırma Sorusu 5: Türkiye’de ortaokul düzeyinde yapılan STEM etkinlikleri genellikle hangi sınıf düzeyinde gerçekleştirilmiştir?

STEM etkinliklerinin Türkiye’de farklı sınıf seviyelerinde nasıl dağıldığını gösteren veriler Tablo 10’da görülmektedir.

Tablo 10.

Makale ve Lisansüstü Tez Çalışmalarındaki STEM Etkinliklerinin Yapıldığı Sınıf Düzeylerindeki STEM Ders Özelliklerinin Etkinlik Ortalama Puanları ve Yüzdelere Göre Dağılımı

Sınıf Düzeyi	Makalelerde			Lisansüstü Tezlerde		
	Etkinlik Sayısı	STEM-DÖ		Etkinlik Sayısı	STEM-DÖ	
	frekans(f)	Etkinlik Ortalama Puanı (X)	Etkinlik Ortalama Yüzdesi (%)	frekans(f)	Etkinlik Ortalama Puanı (X)	Etkinlik Ortalama Yüzdesi (%)
İlkokul 3. Sınıf	-	-	-	2	17,33	78,77
İlkokul 4. Sınıf	5	18,10	82,27	11	18,42	83,73
Ortaokul 5. Sınıf	10	16,99	77,23	15	18,12	82,36
Ortaokul 6. Sınıf	11	17,27	78,50	17	17,92	81,45
Ortaokul 7. Sınıf	16	17,39	79,05	31	18,11	82,32
Ortaokul 8. Sınıf	7	17,71	80,50	16	17,68	80,36
Toplam	49	17,49	79,51	92	17,93	81,5

Tablo 10'daki verilere bakıldığında hem makalelerde hem de lisansüstü tezlerde neredeyse en fazla etkinliğin ortaokul 7. Sınıfta yapıldığı görülmektedir. Bu bulgu, STEM etkinliklerinin 7. Sınıf öğrencilerine uygun görüldüğü ve bu yaş grubunun etkinlikler için daha fazla tercih edildiğini göstermektedir. Ortaokul 6. ve 8. Sınıflar ile ilkokul 4. Sınıf düzeyinde de etkinliklerin makul bir şekilde uygulandığı görülmektedir. Ancak 5. Sınıf etkinliklerinin, özellikle makalelerde, daha düşük bir düzeye sahip olduğu dikkat çekmektedir. Özetlemek gerekirse, STEM etkinlikleri, özellikle ortaokul 7. Sınıf düzeyinde yoğunlaşmıştır. Bunun başlıca nedeni, 7. Sınıf öğrencilerinin soyut düşünme becerilerinin gelişmeye başlaması ve bu tür etkinliklere daha yatkın olmalarından dolayı olabilir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada kullanılan STEM Ders Özellikleri Değerlendirme Ölçeği (STEM-DÖ), STEM etkinliklerinin pedagojik niteliğini değerlendirmek amacıyla yapılandırılmış ve Türkiye bağlamına Türkçeye uyarlanarak uygulanmıştır. Ölçeğin faktör analizi sonucunda elde edilen dört boyut STEM etkinliklerinin farklı bileşenlerini bütüncül biçimde ele alma imkanı sunmaktadır. Ölçeğin faktör analizi sonucunda elde edilen dört boyutu "1. Problemi tanımlama", "2. Disiplinleri bir arada kullanma", "3. Mühendislik ve Tasarım" ve "4. Materyal Sunma ve Değerlendirme" şeklindedir. Faktör analizi sonuçlarına göre açıklanan toplam varyans oranı %57,72 olup bu oran, sosyal bilimlerde geçerlik açısından kabul edilebilir düzeydedir (Kline, 1994). Ayrıca Cronbach Alpha güvenirlik katsayısının araştırmacı ve uzman kodlamalarında sırasıyla ,802 ve ,803 olması, ölçeğin iç tutarlılığının yüksek olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, STEM-DÖ'nün sadece bu araştırma için değil, gelecekte farklı örneklemelerle yürütülecek çalışmalarda da geçerli ve güvenilir bir ölçme aracı olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu yönüyle ölçek, STEM etkinliklerinin sadece uygulama çıktılarına değil, aynı zamanda dersin pedagojik yapısına dair nicel ve nitel veri üretme potansiyeliyle literatüre katkı sunmaktadır. Ayrıca bu çalışma, STEM-DÖ'nün

uygulandığı ilk sistematik çalışmalardan biri olarak, ölçme aracının yapı geçerliği ve kullanım kolaylığına ilişkin ampirik veriler üretmiş ve ilerleyen araştırmalara yön verebilecek bir temel sağlamıştır.

Bu çalışmada STEM-DÖ kullanılarak elde edilen bulgular, Türkiye’de fen bilimleri derslerinde uygulanan STEM etkinliklerinin genel olarak STEM ders özelliklerini “biraz” düzeyinde yansıttığını göstermiştir. Özellikle öğrencilerin problemle ilgilenmesini sağlama ve mühendislik-tasarım süreçlerine yer verme konularında etkinliklerin daha güçlü olduğu görülürken; gerçek dünya problemleriyle ilişkilendirme, tasarım sunumu ve disiplinler arası entegrasyon gibi boyutlarda zayıflıklar tespit edilmiştir. Bu durum, Türkiye’de STEM uygulamalarına ilişkin literatürle örtüşmektedir. Örneğin Gökbayrak ve Karışan (2017), öğrencilerin STEM etkinliklerine karşı olumlu tutumlar geliştirdiğini belirtmektedir. Bu durum öğrencilerin problemlerle ilgilenmesinin onların tutumlarına olumlu katkı sağladığı şeklinde yorumlanabilir. Bununla birlikte, Gülhan ve Şahin (2018), STEM etkinliklerinin öğrencilerin bilimsel yaratıcılıklarını, özellikle özgünlük ve akıcılık gibi alt boyutlarda olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Ancak, bazı etkinliklerin öğrenciler tarafından yüzeysel olarak uygulanması ve yansıtıcı düşünme düzeyinde sınırlı gelişim sağlanması, etkinliklerin tasarım ve değerlendirme gibi süreçlerinin her zaman yeterince yapılandırılmamış olabileceğini göstermektedir. Burada da problemlerin gerçek dünya bağlamında yeterince ilişkilendirilememesinin ya da disiplinler arası entegrasyonun zayıflığından kaynaklı olumsuzluklar olabilmektedir. Mühendislik-tasarım süreçlerine yer veren bir başka çalışmada Çakır ve Altun Yalçın (2024) mühendislik tasarım sürecine dayalı STEM etkinliklerinin öğrencilerin kişisel ve sosyal becerilerini geliştirdiği, yenilikçi düşünme, problem çözme ve mühendislik algılarını olumlu yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Ancak bunun yanında uygulamaların zaman alıcı olması, maddi kaynak gerektirmesi ve grup içinde bazı bireylerin pasif kalma ihtimali olması gibi sınırlılıklar da belirtilmiştir. Buradan hareketle STEM etkinliklerinin bireysel faklılıkları da dikkate alarak hazırlanması gerektiği hususu ön plana çıkmaktadır. Literatürde disiplinler arası entegrasyon ve gerçek dünya problemleriyle ilişkilendirme ve tasarım sunumu alanlarında eksikliklerin olduğuna dair çalışmalar da mevcuttur. Buna göre, Çorlu (2017), çalışmada öğretmenlerin disiplinler arası etkinlikler planlamada zorlandığını ve etkinliklerin çoğunlukla bir baskın disiplin (fen veya matematik) alanı etrafında yapılandırıldığını belirtmiştir. Bu bulgu bu çalışmada disiplinler arası entegrasyondaki zayıflığın nedenini ortaya koyan bir bulgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Başka bir çalışmada Öztürk ve Uyangör (2021) öğrencilerin STEM etkinliklerine yönelik görüşlerini incelemiş ve bazı eleştirileri rapor etmişlerdir. Buna göre etkinliklerin çoğunun önceden belirlenmiş hazır problemler etrafında şekillendiğini ve bu problemlerin öğrenciler tarafından gerçek yaşamla yeterince ilişkilendirilmediğini vurgulamışlardır. Böyle bir durumun öğrenci motivasyonu ve gerçek yaşamla bağ kurma becerilerini sınırlandırabileceğini ifade etmişlerdir. Nitekim bu çalışmada da STEM etkinliklerinin, gerçek yaşam problemleriyle ilişkilendirme boyutunda zayıf düzeyde yapılandırıldığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, öğrencilerin hem motivasyonlarını artırmak hem de problem çözme becerilerini geliştirmek amacıyla, etkinliklerin daha özgün, bağlamsal ve öğrenci yaşantısıyla ilişkili olacak şekilde planlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Özetle, STEM etkinliklerinin sadece mühendislik-tasarım odaklı teknik becerilerle sınırlı kalmayacak biçimde; disiplinler arası işbirliğini, öğrencilerin yaşamla bağlantı kurmalarını ve fikirlerini ifade etme-sunum becerilerini destekleyecek şekilde yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Özellikle öğretmenlerin disiplinler arası planlama yeterliklerinin geliştirilmesi, gerçek yaşam bağlamlarının etkinliklere entegre edilmesi ve öğrencilere tasarımlarını sunabilecekleri paylaşım ortamlarının sağlanması, STEM etkinliklerinin hem pedagojik hem de bilişsel açıdan daha etkili hale gelmesine katkı sağlayacaktır.

Araştırmada elde edilen önemli bulgulardan biri de, STEM etkinliklerinin mühendislik tasarımı ve prototip geliştirme süreçlerini genel olarak içerdiği, ancak bu süreçlerin öğrenci merkezli yaklaşımlarla tam olarak bütünleştirilmediğidir. Bu bulgu, Gülhan ve Şahin’in (2018) çalışmasıyla benzerlik göstermektedir. Bahsedilen çalışmada STEM etkinliklerinin öğrencilerin bilimsel yaratıcılıklarına özellikle özgünlük ve akıcılık düzeylerinde katkı sağladığı belirtilmiştir. Ancak, bazı etkinliklerin öğrenciler tarafından yalnızca “yapılarak geçilmesi” nedeniyle, yansıtıcı düşünme boyutunda sınırlı gelişme gözlemlenmiş ve bu durum, etkinlik süreçlerinin her zaman derinlemesine yapılandırılmadığını düşündürmüştür. Ayrıca, STEM etkinliklerinin ürün veya prototip geliştirmeye yönelik bölümlerinde öğrencilerin aktif rol almasının sınırlı olması, Karışan ve Doğanca (2020) tarafından da vurgulanmıştır. Karışan ve Doğanca (2020), STEM etkinliklerinde öğrencilerin ürün veya prototip geliştirme süreçlerine katılımında çoğunlukla hazır yönergeleri takip ettiklerini ve özgün tasarım yapma konusunda zorlandıklarını belirtmiştir. Bu durum, öğrencilerin tasarım sürecinde aktif ve yaratıcı roller üstlenmelerinin sınırlı kaldığını göstermektedir. Mevcut araştırmanın bulguları, bu görüşleri destekler niteliktedir ve öğretmenlerin STEM etkinliklerini uygularken öğrencilerin problem çözme ve tasarım süreçlerinde daha aktif ve bağımsız roller üstlenmelerine imkân tanıyacak yapılandırmalara ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

STEM eğitiminin temel bileşenlerinden biri teknoloji boyutudur. Teknoloji boyutu sayesinde öğrenciler dijital okur-yazarlık düzeylerini, yaratıcı problem çözme, bilgiye erişim ve iş birliği gibi çok yönlü becerilerini geliştirebilirler (Margot & Kettler, 2019). Etkili bir STEM etkinliğinde teknoloji sadece araçsal olmaktan ziyade öğrenme ortamını zenginleştirmelidir. Bunun yanında iletişimi kolaylaştırmalı ve tasarım süreçlerini de desteklemelidir (Çorlu, 2017). Bu bağlamda teknoloji, öğrencilerin öğrenme sürecine aktif katılımını teşvik etmeli ve ürünlerini dijital ortamda modellemelerine, sunmalarına ve paylaşımlarına olanak tanımalıdır (Guzey vd., 2016). Ancak bu çalışmadan elde edilen bulgular, STEM etkinliklerinin teknoloji kullanımını yüksek oranda yansıttığını göstermesine rağmen öğrencilerin

tasarımlarını sunma ve bulgularını paylaşma süreçlerinin zayıf kaldığını göstermektedir. Öğrencilerin geliştirdikleri ürünleri sözlü ya da yazılı olarak ifade edebilmeleri, yaratıcı düşünme, iletişim ve yansıtma becerilerinin gelişimi açısından büyük önem taşımaktadır. Ancak elde edilen veriler, bu boyutta en düşük ortalamaların elde edildiğini göstermektedir. Lachapelle & Cunningham (2014) tarafından yürütülen çalışmada da STEM etkinliklerinin yalnızca teknik ürün geliştirme ile sınırlı kalmaması gerektiğini, öğrencilerin çözümlerini sunma, süreci yansıtma ve iş birliği yapma fırsatlarıyla desteklenmesinin, yaratıcılık ve iletişim gibi becerilerini geliştirdiğini vurgulamıştır. Nitekim bu şekilde yapıldığında, STEM yaklaşımı, sadece bilimsel ve teknik becerilerin gelişimine katkı sağlamaz. Aynı zamanda iletişim, iş birliği ve eleştirel ve yaratıcı düşünme becerilerin gelişimine de olanak tanır (Kelley & Knowles, 2016). Özellikle işbirlikli gruplarla yapılan STEM etkinliklerinde öğrencilerin fikir alışverişinde bulunmaları, çözüm yollarını tartışmaları ve sonuçlarını birlikte değerlendirmeleri, onların sözlü ve yazılı iletişim becerilerini aktif olarak kullanmalarını sağlamaktadır (Beers, 2011). Bu kapsamda, öğrencilerin projelerini sunmaları, tasarımlarını gerekçelendirmeleri ve akran geri bildirimini almaları, iletişim ve geri bildirim kültürünü güçlendirmeleri için gerekli ve önemlidir (Moore vd., 2014). Bu bağlamda STEM yaklaşımı, öğrencilerin yalnızca akademik başarıya değil, aynı zamanda 21. yüzyıl becerileri olarak tanımlanan iletişim ve takım çalışmasına dayalı sosyal becerilere de katkı sunan bütüncül bir öğrenme ortamı sağlaması gerekir (Sağlam ve Arslan, 2018). Ancak bu potansiyelin etkili şekilde açığa çıkabilmesi için STEM etkinliklerinin pedagojik olarak bu becerileri destekleyecek şekilde yapılandırılması gerekmektedir. Öğrencilere fikirlerini paylaşabilecekleri, sunum yapabilecekleri ve akranlarıyla etkileşime geçebilecekleri ortamların sağlanması, STEM'in iletişim becerileri üzerindeki etkisini en üst düzeye çıkaracaktır. Bu hususlar göz önüne alınmadığı taktirde öğrenciler yalnızca yönlendirmeye dayalı etkinliklere katılmakta ve tasarım süreçlerinde yeterince özgün fikir geliştirme fırsatı bulamamaktadır. Nitekim Karışan ve Doğanca Küçük (2020) çalışmalarında, öğrencilerin STEM etkinliklerinde çoğunlukla hazır yönergeleri takip ettiklerini, bireysel katkılarını sınırlı düzeyde ortaya koyabildiklerini ve tasarımlarını sunma ya da akran geri bildirimini alma gibi süreçlere aktif katılmadıklarını belirtmişlerdir. Bu durum, öğrencilerin iletişim ve iş birliği gibi 21. yüzyıl becerilerini geliştirme potansiyelini kısıtlamakta ve STEM uygulamalarının pedagojik değerini sınırlayan önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, STEM etkinlikleri yalnızca teknik ürün odaklı yapılandırılmamalıdır. Dahası öğrencilerin tasarımlarını sunabilecekleri, fikirlerini paylaşabilecekleri ve etkileşimli öğrenme ortamlarında akran geri bildirimini alabilecekleri iletişim odaklı uygulamalara da yer verilmelidir. Böylece hem öğrencilerin iletişim becerileri desteklenmiş olacak hem de STEM'in sosyal ve pedagojik bileşenleri daha etkin bir şekilde işlev kazanmış olacaktır.

Araştırmada elde edilen bir diğer önemli bulgu ise STEM etkinliklerinin büyük ölçüde fizik disipliniinde yoğunlaştığı, buna karşın kimya ve biyoloji gibi diğer fen disiplinlerinde uygulamaların oldukça sınırlı kalmış olmasıdır. Bu durum, STEM etkinliklerinin disiplinler arası yapıyı yeterince yansıtamadığını ortaya koymaktadır. Disiplinler arası bütünleşme, STEM eğitiminin temel ilkelerinden biridir ve öğrencilerin, gerçek yaşam problemlerine çok boyutlu çözümler geliştirmesi için farklı disiplinlerin bilgi ve yöntemlerini bir arada kullanmaları gerekir (Bybee, 2010; Moore vd., 2014). Bu bağlamda Kelley & Knowles (2016), etkili STEM etkinliğinin, disiplinlerin birbirinden ayırık değil, doğal bir bağlam içinde entegre edildiği ve öğrencilerin tasarım süreci boyunca fen, matematik, mühendislik ve teknoloji bilgisini harmanlayarak kullandıkları yapılarla mümkün olduğunu vurgulamaktadırlar. Bu araştırmadan elde edilen bulgulara bakıldığında Türkiye'de kimya ve biyoloji disiplinlerinde STEM etkinliklerinin hem sayıca yetersiz hem de uygulamada disiplinler arası geçişler sınırlı olduğu görülmüştür. Bu nedenle, kimya ve biyoloji disiplinlerindeki STEM etkinliklerinin artırılması ve disiplinler arası entegrasyonun daha ileri düzeyde sağlanması STEM etkinlikleri ile ilgili yetersiz durumları giderebilir. Bu kapsamda Persano ve diğerleri (2021), biyoloji ve çevre bilimleri gibi konuların STEM bağlamında öğrencilerin ilgisini çeken önemli alanlar olduğunu belirtmiş ve bu disiplinlerin tasarım temelli öğrenme ortamlarına entegre edilmesinin, öğrencilerin sürdürülebilirlik ve yaşamla ilgili problemlere karşı duyarlılığını artırdığını vurgulamıştır. Bu bağlamda, mevcut araştırmanın bulguları Türkiye'de STEM etkinliklerinin büyük oranda fizik temelli konular etrafında yapılandırıldığını; buna karşın kimya ve biyoloji gibi diğer fen disiplinlerinin gerek içeriksel gerekse uygulama açısından geri planda kaldığını göstermektedir. Özellikle sürdürülebilirlik, çevre sorunları, enerji döngüleri, genetik gibi konuların disiplinler arası ve yaşamla bağlantılı yönleri göz önünde bulundurulduğunda, bu alanların STEM etkinliklerine daha etkin şekilde entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu sayede öğrencilerin hem çok boyutlu düşünme becerileri gelişecek hem de fen okuryazarlıkları yaşamla daha anlamlı biçimde bütünleşebilecektir. Öğretmenlerin disiplinler arası planlama becerilerinin desteklenmesi ve müfredatın bu yönde yapılandırılması, bu eksikliğin giderilmesinde kritik rol oynamaktadır.

Bu araştırmada, en fazla etkinliğin fizik disipliniinde kuvvet ve hareket (%10,87), kuvvetin ölçülmesi ve sürtünme (%10,3) gibi konular üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Dünya genelinde yapılan çalışmalarda da fizik konularının günlük yaşam problemleriyle ilişkilendirilmesi daha kolay olduğu için STEM etkinliklerinde sıkça tercih edilmektedir (Honey vd., 2014). Ancak, ülkemizde kimya ve biyoloji disiplinlerindeki etkinliklerin sayısının düşük olması dikkat çekicidir. Kimya ve biyoloji disiplinlerindeki STEM etkinliklerinin artırılması hususunda Persano ve diğerleri (2021)'nin çevre bilimleri, genetik ve sürdürülebilirlik gibi konuların STEM bağlamında etkili olduğunu ve bu konuların öğrencilerin ilgisini çektiğini belirttiği önerisi dikkate alınabilir Nitekim Türkiye'de fen bilimleri öğretim programında yer alan kazanımlar

arasında sürdürülebilirlik, çevre bilinci, afet farkındalığı ve doğal kaynakların korunması gibi konulara vurgu yapılmaktadır (MEB, 2024). Bunun neticesinde kimya ve biyoloji disiplinlerinde de yeterince STEM etkinliği yapılabilir.

Araştırma bulguları, STEM etkinliklerinin büyük oranda ortaokul 7. sınıf düzeyinde yoğunlaştığını göstermektedir. Bu durum, öğrencilerin bu yaşta soyut düşünme becerilerinin gelişmeye başlaması ve STEM temelli öğrenmeye daha yatkın hale gelmeleriyle ilişkilendirilebilir. Çünkü Piaget'in bilişsel gelişim kuramına göre, 11-12 yaş civarındaki öğrenciler soyut işlemler dönemine geçiş yaparlar ve bu da onların karmaşık problem çözme ve mantıksal düşünme becerilerini geliştirmelerine olanak tanır (Piaget, 1972). Bu bağlamda, 7. Sınıf öğrencileri, STEM etkinliklerinin gerektirdiği analiz, sentez ve değerlendirme gibi üst düzey bilişsel becerileri sergilemeye daha hazırdırlar. Bu kapsamda Sayılğan ve diğerleri (2022) yapmış oldukları çalışmada STEM tabanlı uygulamaların üst düzey düşünme becerilerinde ve akademik başarılarında anlamlı düzeyde olumlu etkiler oluşturduğunu bulmuşlardır. Bu bulgu, bu yaş düzeyindeki öğrencilerin STEM etkinliklerinin gerektirdiği bilişsel yeterliklere sahip olduğunu ve bu tür etkinliklere hazır olduklarını göstermektedir. Türkiye'de 7. sınıf öğrencileri yaş düzeyi olarak bu etkinliklere hazır oldukları halde aynı şekilde bu etkinliklere bilişsel olarak hazır olan sekizinci sınıf öğrencileri ile ilgili yapılmış çalışmaların sayısı neden azdır? Sorusu akla gelmektedir. Türkiye'de 8. Sınıf öğrencilerinin STEM etkinliklerine katılımının sınırlı olmasının başlıca nedenlerinde biri sınav odaklı eğitim sistemidir. 8. sınıf, öğrencilerin Liselere Geçiş Sistemi kapsamında merkezi sınavlara hazırlandıkları bir dönem olduğundan, öğretmenler ve öğrenciler büyük ölçüde sınav başarısına odaklanmakta; bu da uygulama temelli, zaman alan STEM etkinliklerine yeterince yer verilmesini zorlaştırmaktadır (Aydın-Günbatır, 2020; Türkkan, 2021). Bunun yanı sıra, yoğun müfredat ve sınırlı ders saatleri, STEM etkinliklerinin planlanması ve uygulanmasını zorlaştıran diğer önemli etkenlerdendir (Yamak, Bulut ve Dündar, 2014). STEM etkinlikleri disiplinler arası entegrasyon, tasarım ve problem çözme gibi zaman gerektiren süreçler içerdiğinden, öğretmenler bu etkinlikleri genellikle alt sınıflarda daha rahat uygulayabildiklerini ifade etmektedirler. Bu nedenler, 8. sınıf düzeyinde STEM çalışmalarına katılımın sınırlı olmasına yol açmakta; STEM yaklaşımının potansiyelinden yeterince faydalanılamamasına neden olmaktadır.

Bu araştırma, fen bilimleri derslerinde uygulanan STEM etkinliklerinin pedagojik niteliklerini, STEM Ders Özellikleri Derecelendirme Ölçeği (STEM-DÖ) aracılığıyla sistematik olarak değerlendirmesi bakımından literatüre önemli bir katkı sunmuştur. Ölçeğin geçerlik ve güvenirlik düzeyinin yüksek olması, araştırmacı ve uygulayıcılar için etkinlikleri planlama, uygulama ve değerlendirme süreçlerinde kullanabilecekleri güvenilir bir araç sunduğunu göstermektedir. Bu bağlamda STEM-DÖ, yalnızca akademik araştırmalarda değil, aynı zamanda öğretmen eğitiminde, STEM temelli ders tasarımı süreçlerinde ve öğretim programı geliştirme çalışmalarında da kullanılabilir. Özellikle yeni etkinliklerin geliştirilmesi sürecinde, bu ölçekten yararlanılarak etkinliklerin disiplinler arası niteliği, problem çözme yapısı, öğrenci merkezliliği ve tasarım sunumu gibi açılardan değerlendirilmesi mümkündür.

Araştırmanın bulguları doğrultusunda ileride yapılacak çalışmalarda, STEM etkinliklerinin disiplinler arası entegrasyonu güçlendirecek biçimde planlanması, gerçek yaşam problemleriyle daha güçlü ilişkilendirilmesi ve öğrencilerin ürünlerini sunabilecekleri etkileşimli ortamlar içerecek şekilde yapılandırılması önerilmektedir. Ayrıca, erken yaş düzeylerinde ve 8. sınıf gibi sınav baskısının yüksek olduğu seviyelerde STEM uygulamalarının yaygınlaştırılmasına yönelik araştırmalar yürütülmelidir. Bu bağlamda araştırmacılara; sınıf düzeyine uygun bilişsel becerileri göz önünde bulundurmaları, etkinlikleri öğrenci merkezli yapılarla zenginleştirmeleri ve sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle ilişkilendirmeleri önerilebilir. Uygulayıcılar için ise STEM etkinliklerinin sadece teknik ürün geliştirmeye değil; öğrencilerin süreci anlamlandırmalarını, grup çalışmasına katılmalarını ve fikirlerini paylaşmalarını teşvik edecek şekilde planlanması büyük önem taşımaktadır. Özellikle disiplinler arası bütünleşme, teknoloji kullanımı, tasarım sunumu ve iş birliğine dayalı öğrenme gibi kriterler çerçevesinde yapılan eksikliklerin giderilmesi, etkinliklerin niteliğini artıracaktır. Bu bağlamda, öğretmen eğitiminde STEM ders özelliklerine dayalı örnek etkinlik tasarımlarına yer verilmesi, uygulama süreçlerinin daha bilinçli ve etkili yürütülmesine katkı sağlayacaktır.

Etik Kurul Onay Bilgileri

Bu çalışma, Fırat Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu'nun 23.11.2021 tarihli 23-22 sayılı kararı ile etik kurul onayı almıştır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Finansal Destek

Bu çalışma için herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

Yazar Katkıları

Bu çalışmanın tüm aşamaları üç yazarın ortak katkılarıyla yürütülmüştür. Haki Peşman, yüksek lisans tez danışmanı olarak araştırmanın planlanması, uygulanması, veri analizinin yapılması ve sonuçların değerlendirilmesi süreçlerinin

tamamında rehberlik etmiş ve akademik katkı sağlamıştır. Kübra Delibalta, yüksek lisans öğrencisi olarak araştırmanın tasarlanması, veri toplama aracının geliştirilmesi, uygulamanın yürütülmesi, verilerin toplanması ve analiz edilmesi süreçlerinde aktif rol almıştır. Üzeyir Arı ise araştırmanın kuramsal çerçevesinin oluşturulması, literatür taramasının derinleştirilmesi, bulguların yorumlanması ve tartışma bölümünün geliştirilmesi aşamalarında önemli katkılar sunmuştur.

Kaynakça

- Aydın-Günbatar, S. (2020). Ortaokul öğrencilerinin STEM etkinliklerine yönelik görüşlerinin incelenmesi. *International Journal of Curriculum and Instructional Studies (IJOCIS)*, 10(2), 437–460. <https://doi.org/10.31704/ijocis.2020.016>
- Beers, S. Z. (2011). *21st century skills: Preparing students for their future*. STEM Education Coalition.
- Becker, K. H., & Park, K. (2011). Integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A meta-analysis. *Journal of STEM education: Innovations and research*, 12(5), 23–37.
- Büyükbastırmacı, H. (2019). *7. sınıf kuvvet ve enerji ünitesinde STEM uygulamalarının öğrenci başarısı, tutum ve motivasyonuna etkisi* (Tez No: 584295) (Yüksek lisans tezi, Pamukkale Üniversitesi).
- Büyüköztürk, Ş. (2002). *Sosyal bilimler için veri analizi el kitabı* (2. Baskı). Pegem-A Yayıncılık, Ankara.
- Büyüköztürk, Ş. (2010). *Sosyal bilimler için veri analizi*. Pegem-A Yayıncılık, Ankara.
- Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and engineering teacher*, 70(1), 30-35.
- Cardella, M. E., Svarovsky, G. N., & Pattison, S. (2020). Engineering Education in Pre-Kindergarten through Fifth Grade: An Overview. *Commissioned Paper by the Committee on Enhancing Science and Engineering in Prekindergarten through Fifth Grade at the National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine*.
- Cheng, L., Antonenko, P. D., Ritzhaupt, A. D., Dawson, K., Miller, D., MacFadden, B. J., ... & Ziegler, M. (2020). Exploring the influence of teachers' beliefs and 3D printing integrated STEM instruction on students' STEM motivation. *Computers & Education*, 158, 103983. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103983>
- Çakır, R., & Altun Yalçın, S. (2024). Mühendislik tasarım sürecine dayalı STEM etkinliklerinin öğretmen adaylarının kişisel ve sosyal becerilerine etkisi. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 44(1), 163–197. <https://doi.org/10.17152/gefad.1340136>
- Çorlu, M. S. (2017). STEM eğitimi ve öğretmen yeterlilikleri: Disiplinler arası öğretime ilişkin bir değerlendirme. *Journal of Human Sciences*, 14(1), 559–577. <https://doi.org/10.14687/jhs.v14i1.4290>
- De Vellis, R. (2012). *Scale development: theory and applications (3rd adn)*. Thousand Oaks, California: Sage.
- Field, A. (2002). *Discovering Statistics Using SPSS*. Sage Publication Ltd., UK: London.
- Gao, X., Li, P., Shen, J., & Sun, H. (2020). Reviewing assessment of student learning in interdisciplinary STEM education. *International Journal of STEM Education*, 7, 1-14. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00225-4>
- Gökbayrak, S., & Karışan, D. (2017). Altıncı sınıf öğrencilerinin FeTeMM temelli etkinlikler hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Alan Eğitimi Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 25-40.
- Gökçe, O. (2006). *İçerik Analizi Kuramsal ve Pratik Bilgiler*. Siyasal Kitapevi, Ankara.
- Guzey, S. S., Caskurlu, S., & Kozan, K. (2020). *Integrated STEM pedagogies and student learning*. In Handbook of research on STEM education (pp. 65-75). Routledge.
- Gülhan, F., & Şahin, F. (2018). Fen bilimleri dersine STEM entegrasyonu etkinliklerinin 5. sınıf öğrencilerinin bilimsel yaratıcılıklarına etkisi. *Sakarya University Journal of Education*, 8(4), 40-59.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*, 16(3), 235–266.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. A. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research* (Vol. 500). Washington, DC: National Academies Press.
- Hutter, S. (2014). Protest event analysis and its offspring. In D. Della Porta (Ed.), *Methodological practices in social movement research* (pp. 335–367). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198719571.001.0001>
- Jolly, A. (2017). *STEM by design*. Routledge: NY, USA.

- Karışan, D., & Doğança Küçük, Z. (2020). FeTeMM etkinliklerinin öğrencilerin tasarım yapma ve problem çözme becerilerine etkisinin incelenmesi. *Journal of Inquiry Based Activities (JIBA)*, 10(1), 70–83. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jiba/issue/54194/723228>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM education*, 3, 1-11.
- Kline, P. (1994). *An easy guide to factor analysis*. Routledge.
- Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 317–334). Cambridge University Press.
- Lachapelle, C. P., & Cunningham, C. M. (2014). Engineering in elementary schools. *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices*, 61-88.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. Sage Publications.
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM education*, 6(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- MEB, Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (2016). *STEM Eğitimi Raporu*, Ankara.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB] (2024). *Fen Bilimleri Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul)*. <https://ogmmateryal.eba.gov.tr>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook* (2nd ed.). Sage Publications.
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K–12 STEM education. In Ş. Purzer, J. Strobel, & M. E. Cardella (Eds.), *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices* (pp. 35–60). Purdue University Press.
- Moore, T. J., Johnston, A. C., & Glancy, A. W. (2020). *STEM integration: A synthesis of conceptual frameworks and definitions*. In Handbook of research on STEM education (pp. 3-16). Routledge.
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>
- Öztürk, N., & Uyangör, N. (2021). Ortaokul öğrencilerinin STEM etkinliklerine yönelik görüşlerinin incelenmesi. *Eğitim ve Toplum Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 55–75. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/etad/issue/64156/924060>
- Persano Adorno, D., Mallahnia, T., Koch, V., Zailskaitė-Jakštė, L., Ostreika, A., Urbaitytė, A., ... & Pizzolato, N. (2021). The BioS4You European project: An innovative way to effectively engage Z-generation students in STEM disciplines. *Education sciences*, 11(12), 774. <https://doi.org/10.3390/educsci11120774>
- Piaget, J. (1972). Intellectual evolution from adolescence to adulthood. *Human Development*, 15(1), 1–12.
- Pocalana, G., Robutti, O., & Ciartano, E. (2024). Resources and Praxeologies Involved in Teachers' Design of an Interdisciplinary STEAM Activity. *Education Sciences*, 14(3), 333.
- Ribeirinha, T., Baptista, M., & Correia, M. (2024). The Impact of STEM Activities on the Interest and Aspirations in STEM Careers of 12th-Grade Portuguese Students in Science and Technology Curriculum. *European Journal of STEM Education*, 9(1), 21.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. European Commission.
- Sağlam, Y., & Arslan, A. (2018). Öğretmen adaylarının STEM eğitiminin bireysel gelişimlerine etkisine ilişkin görüşleri. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26(5), 1633–1642. <https://doi.org/10.24106/kefdergi.426025>
- Sayılgan, Z., Akkuş, B., & Yıldırım, M. (2022). The effects of STEM-designed activities on the academic achievements and higher-order thinking skills of 7th grade students. *Journal of Pedagogical Research*, 6(2), 49–61. <https://doi.org/10.33902/JPR.202217529>
- Şanlı, C., & Özerbaş, M. A. (2021). Ortaokul öğrencilerine uygulanan STEM etkinliklerinin fen öğrenmeye yönelik motivasyon ve STEM'e yönelik tutumlara etkisi. *Electronic Turkish Studies*, 16(4), 2325–2343. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.48339>
- Tezbaşaran, A. (1997). Validity issues of a likert type scale (A Case Study). *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13, 41-45.

- Türkkan, B. (2021). LGS sürecinde STEM uygulamaları: Olasılıklar ve engeller. *Eğitim Politikaları Dergisi*, 7(3), 34–49.
- Widiyatmoko, A., Amelia, R. N., Wulandari, T. D., Darmawan, M. S., Nursulistari, S., & Putri, E. D. (2025). Structural relationship model of conception, understanding, and self-efficacy about STEM education among pre-service science teachers. *Journal of Natural Science Teaching*, 7(2), 181-194.
- Yamak, H., Bulut, N., & DüNDAR, S. (2014). Ortaokul öğretmenlerinin STEM etkinliklerine yönelik görüşleri. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 3(4), 234–243.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9. baskı). Seçkin Yayıncılık, Ankara

Extended Abstract

Introduction

STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) education has emerged as one of the most influential educational approaches of the 21st century. It aims to equip students with critical skills needed in an increasingly complex, technological, and interdisciplinary world. As a response to global educational reform movements, STEM integrates knowledge and skills from four distinct but interconnected domains, emphasizing real-world problem solving, creative thinking, and the design of innovative solutions (Honey et al., 2014; Gao et al., 2020).

In science education, STEM provides a multidimensional framework in which students are encouraged to apply their theoretical knowledge to authentic contexts through engineering-based design processes and the effective use of technology (Bybee, 2010). This approach enhances conceptual understanding and supports the development of 21st-century competencies such as collaboration, communication, and scientific literacy. Research indicates that STEM-based education contributes positively to students' academic achievement, especially in science and mathematics, while also increasing their motivation and interest in pursuing careers in engineering and technology-related fields (Becker & Park, 2011; Ribeirinha et al., 2024).

In Türkiye, STEM education has gained momentum in policy and practice recently. The Ministry of National Education (MEB) has incorporated STEM-related objectives into curriculum development initiatives, and educators have begun implementing STEM activities in classroom settings. However, the effective implementation of STEM depends on the inclusion of interdisciplinary content and the structure and pedagogical quality of lesson design. In this regard, Jolly (2017) identified several core characteristics that should be present in well-designed STEM lessons: (1) engaging with real-world problems, (2) integrating multiple disciplines, (3) fostering student-centered learning environments, and (4) encouraging the design and presentation of creative prototypes.

Despite the growing popularity of STEM in educational discourse, few empirical studies have examined the extent to which STEM activities, particularly those used in science classes, truly reflect these foundational lesson characteristics. This gap in the literature highlights the need for a systematic evaluation of existing STEM practices. Therefore, this study aims to assess the pedagogical quality of STEM activities implemented in middle school science education in Türkiye using the STEM Lesson Specifications Rating Scale (STEM-LSRS), and to identify areas of strength and weakness that can inform future educational practice and policy.

This study aims to evaluate how well STEM activities implemented in middle school science classes in Türkiye reflect the pedagogical characteristics of effective STEM lessons. To address this purpose, the study systematically examines 465 STEM activities drawn from 95 postgraduate theses and 43 academic articles published between 2014 and 2021 using the STEM Lesson Specifications Rating Scale (STEM-LSRS). The research seeks to answer the following questions:

1. What are the main components (factors) of the STEM-LSRS, and how do they inform the assessment of STEM activities?
2. To what extent do existing STEM activities in middle school science education reflect the specified STEM lesson characteristics?
3. In which science sub-disciplines (physics, chemistry, biology) are these STEM activities mostly concentrated?
4. Which science topics are most frequently addressed in STEM activities?
5. At which grade levels are these activities predominantly implemented?

Method

This study employed a qualitative research approach using a descriptive survey model to investigate the extent to which STEM activities implemented in science courses reflect the pedagogical characteristics of STEM lessons. The research design was based on document analysis, a method that allows the systematic examination of written documents produced in prior periods, enabling the extraction and interpretation of qualitative data (Yıldırım & Şimşek, 2013).

The data source for the study consisted of 465 STEM activities extracted from 95 postgraduate theses and 43 academic articles published in Türkiye between 2014 and 2021. These documents were selected through purposive sampling based on their explicit inclusion of STEM-based activities within middle school science education. The activities were systematically coded and analyzed using the STEM Lesson Specifications Rating Scale (STEM-LSRS), originally developed by Jolly (2017) and adapted into Turkish for this study. The scale includes 11 items representing key lesson characteristics such as real-world problem connection, interdisciplinary integration, engineering design process, and student-centered learning. Each item was rated on a 3-point Likert scale ("No," "Somewhat," "Yes"). The Turkish version of the scale was validated through expert reviews. The researcher and a STEM education expert ensured inter-rater reliability through independent coding. Cronbach's alpha values were calculated as 0.802 for the researcher

and 0.803 for the expert, indicating high reliability. The collected data were analyzed using content analysis to classify and interpret the pedagogical dimensions reflected in each activity. Additionally, the coded quantitative data were processed using SPSS 21 to compute descriptive statistics and identify patterns across sub-disciplines, grade levels, and content areas.

Results and Discussion

The analysis revealed that, overall, the STEM activities implemented in middle school science education in Türkiye reflected the core STEM lesson specifications at a moderate level. While many activities addressed problem-solving and included engineering design elements, other key features such as real-world problem connection, interdisciplinary integration, and student-led design presentation were often underrepresented.

A closer examination showed that engaging students with problems was the strongest component across the activities. In many cases, students were required to identify or understand a scientific problem before designing a solution. However, the problems presented were often hypothetical or classroom-based rather than being connected to authentic, real-world contexts. This weak alignment with real-life problems suggests that while teachers emphasize technical skills, the socio-scientific dimension of STEM learning remains underdeveloped.

Similarly, although engineering design was commonly incorporated, the extent to which students engaged in independent and creative prototyping was limited. In several activities, students followed predefined steps or templates provided by teachers, which restricts creativity and limits opportunities for reflective thinking. This observation is supported by Karışan and Doğanca Küçük (2020), who reported that students in STEM tasks often struggle with open-ended design work due to a lack of prior experience and guidance.

Regarding disciplinary distribution, over 80% of the activities focused on physics topics, particularly force and motion, energy conversions, and friction. These topics are likely chosen due to their practical compatibility with hands-on engineering challenges. In contrast, chemistry and biology were significantly underrepresented. This lack of balance limits interdisciplinary integration and marginalizes critical topics such as genetics, sustainability, and environmental science, which are emphasized in global STEM education frameworks (Persano Adorno et al., 2021).

Grade-level analysis indicated that most activities were conducted at the 7th-grade level. This may be due to the cognitive readiness of students at this age to engage in abstract and design-oriented thinking (Piaget, 1972). However, the number of studies targeting 8th-grade students was low, possibly due to LGS exam preparation pressures (Türkkan, 2021). Similarly, primary school applications were scarce, despite growing international evidence supporting early STEM engagement (Cardella et al., 2020).

A recurring weakness across many activities was the limited opportunity for students to present and communicate their designs. Students rarely shared findings verbally or in written form, and peer feedback processes were almost entirely absent. As Lachapelle and Cunningham (2014) emphasize, STEM education should foster communication and collaboration, not only design and problem-solving. Moreover, technology integration, though present in tool usage, was often passive and not meaningfully embedded to enhance learning, communication, or creativity (Guzey et al., 2020).

In summary, while STEM activities in Türkiye have progressed in incorporating engineering design and problem-solving, key lesson characteristics such as authentic context, interdisciplinary richness, and reflective practice need stronger emphasis. This reflects broader trends noted in the literature, where technical execution often surpasses pedagogical depth (Gülhan & Şahin, 2018).

This study systematically evaluates STEM activities implemented in Turkish middle school science courses using the STEM Lesson Specifications Rating Scale (STEM-LSRS). The results reveal that while some aspects, such as engaging with problems and integrating design processes, are relatively well-developed, other essential components, like interdisciplinary integration, real-world relevance, and communication, are insufficiently addressed.

The findings emphasize the need to shift from teacher-led, template-based STEM applications to more student-driven, inquiry-oriented designs. To enhance effectiveness, future STEM activities should:

- Engage students in solving real-world problems connected to local and global issues,
- Foster authentic interdisciplinary collaboration, particularly by increasing the presence of biology and chemistry,
- Encourage student agency through open-ended tasks and opportunities for decision-making.
- Integrate reflective communication processes such as peer presentations and feedback.
- Use technology not only as a tool, but also as a medium for creating, presenting, and communicating ideas.

The STEM-LSRS proved to be a valid and reliable tool for evaluating activity quality and can be adopted in future studies, teacher training, and curriculum development efforts. Its use enables a more structured understanding of what constitutes a well-designed STEM activity, contributing to evidence-based practice in STEM education.

Finally, educational policymakers and practitioners are encouraged to support professional development programs focused on STEM pedagogy, interdisciplinary lesson planning, and innovative activity design. Addressing current limitations and promoting student-centered, interdisciplinary, and communicative STEM environments can significantly improve the overall quality and impact of STEM education in Türkiye.