

**FEN EĞİTİMİNDE GERÇEKLEŞTİRİLEN STEM UYGULAMALARININ FARKLI DEĞİŞKENLER
AÇISINDAN İNCELENMESİ: BİR META ANALİZ ÇALIŞMASI****EXAMINATION OF STEM PRACTICES IN SCIENCE EDUCATION IN TERMS OF DIFFERENT
VARIABLES: A META ANALYSIS STUDY****Beyhan GÜMÜŞ¹, Eylem EROĞLU²**

ÖZ: Bu çalışmada meta analiz yöntemi kullanarak Fen eğitiminde gerçekleştirilen STEM uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin akademik başarı, STEM tutumları ve STEM mesleklerine yönelik ilgileri üzerindeki etkisinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, ilgili literatür incelenerek 2010-2022 yılları arasında, STEM eğitiminin kullanıldığı 318 çalışmaya ulaşılmıştır. Analizler Comprehensive Meta Analysis (CMA) istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. İlk olarak heterojenlik testi yapılmış ve bu test sonucuna göre sonraki analizlerde rastgele etkiler modeli kullanılmıştır. Toplam 86 çalışmanın dâhil edildiği bu çalışmada yapılan analiz sonucunda STEM uygulamalarının öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etkisine ilişkin yapılan çalışmaların genel etki büyüklüğü 1,330 olarak bulunmuştur. Ayrıca STEM uygulamalarının öğrencilerin STEM tutumları üzerindeki etkisini araştıran çalışmaların genel etki büyüklüğü 0,926 iken, STEM mesleklerine yönelik ilgilerini araştıran çalışmaların ise genel etki büyüklüğü 1,197 olarak hesaplanmıştır. Akademik başarı ve STEM mesleklerine yönelik ilgi değişkenlerine ait bulunan etki büyüklükleri Cohen, Manion ve Morrison (2007), kriterlerine göre güçlü düzeyde iken, STEM tutumları değişkenine ait etki büyüklüğü orta düzeyde bir büyüklüktür. Bu değerler, STEM uygulamalarının fen eğitiminde geleneksel öğrenme yaklaşımlarına göre daha etkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte elde edilen bulgular, bir yayın yanlılığı olmadığını göstermektedir.

Anahtar sözcükler: Fen eğitimi, STEM uygulamaları, Meta-Analiz, Akademik başarı, Tutum, STEM Mesleklerine Yönelik İlgi

ABSTRACT: In this study, it is aimed to reveal the effectiveness of STEM practices in science education on academic achievement, STEM attitudes and interests of middle school students towards STEM professions by using meta-analysis method. For this purpose, by examining the relevant literature, 318 studies in which STEM education was used between the years 2010-2022 were reached. Analyzes were made using the Comprehensive Meta-Analysis (CMA) statistical program. First, heterogeneity test was performed, and according to this test result, a random effects model was used in subsequent analyses. As a result of the analysis made in this research, which included 86 studies in total, the overall effect size of the studies on the effect of STEM practices on the academic success of students was found to be 1.330. In addition, the overall effect size of studies investigating the effect of STEM practices on students' STEM attitudes was 0.926, while the overall effect size of studies investigating their interest in STEM professions was calculated as 1.197. While the effect sizes of the variables of academic achievement and interest in STEM professions are at a strong level according to the Cohen, Manion ve Morrison (2007) criteria, the effect size of the STEM attitudes variable is a medium size. These values show that STEM practices are more effective than traditional learning approaches in science education. Moreover, the findings show that there is no publication bias.

Keywords: Science education, STEM practices, Meta-Analysis, Academic achievement, Attitude, Interest in STEM Professions

Bu makaleye atf vermek için:

Gümüş, B., & Eroğlu, E. (2024). Fen eğitiminde gerçekleştirilen STEM uygulamalarının farklı değişkenler açısından incelenmesi: Bir meta analiz çalışması, *Trakya Eğitim Dergisi*, 14(1), 54-74.

Cite this article as:

Gümüş, B., & Eroğlu, E. (2024). Examination of STEM practices in science education in terms of different variables: A meta analysis study. *Trakya Journal of Education*, 14(1), 54-74.

* Bu çalışma ikinci yazarın danışmanlığını yaptığı, birinci yazarın 'Fen eğitiminde gerçekleştirilen STEM uygulamalarının farklı değişkenler açısından incelenmesi: Bir meta analiz çalışması' başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

¹ Dr., Öğretmen., Hikmet Uluğbay Ortaokulu, Kocaeli/Türkiye, e-mail: beyhanbesli@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1196-8335

² Doç. Dr., Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu/Türkiye, e-mail: edogan@ibu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1487-1264

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Equipping individuals with the necessary knowledge and skills for the twenty-first century is among the main objectives of science education. To achieve these goals, science educators are constantly trying to develop new science teaching approaches. Recent studies in the field of science education have revealed that an engineering design-based approach should be adopted for the development of science teaching (Kelly, 2010). The field of engineering acts as a bridge between mathematical and scientific theory, everyday technology, and the integration of scientific principles with the foundations of mathematics to meet societal needs (Asunda, 2012). The STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) approach, which is considered one of the remarkable changes in today's educational understanding, aims to integrate content and skills from the disciplines of mathematics, science, engineering, and technology into the learning and teaching process" (Çorlu, 2014).

In parallel with the developments in the world, STEM education has been introduced to science curricula in Turkey since 2017. STEM practices in science education are in a very important position in our time because they reveal new things in the fields of science and technology, provide orientation towards engineering, enable students to transfer their projects to daily life and develop interdisciplinary views (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2017). Middle school and high school education levels are the best periods for integrating science with the fields of technology, engineering, and mathematics (National Research Council [NRC], 2014). Thus, an effective science education can be achieved when learning and teaching environments are well prepared and appropriate conditions are provided. In this way, students will integrate science with other subjects and use it in their daily lives. These factors have led to a large number of national and international studies on STEM education (Akdağ ve Güneş, 2021; Badur, 2018; Ching ve diğerleri, 2019; Graffin, Sheffield ve Koul, 2022; İbrahim ve Şeker, 2022; Japashov, Naushabekov, Ongarbayev, Postiglione ve Balta, 2022; Kurtuluş, 2019; Mohr-Schroeder ve diğerleri, 2014; Smith ve Tyler-Wood, 2021).

The rapid increase in studies conducted in the field of STEM education at both national and international levels has created the need to examine these studies holistically. Examining the studies conducted in a particular field in a systematic and holistic manner will guide and determine the direction of future research in that field (Çalık ve Sözbilir, 2014). However, examining research on the effects of STEM practices in science education in Turkey reveals that varying conclusions are drawn about the factors considered. Additionally, increasing number of studies on the effects of STEM practices day by day makes it necessary to conduct a meta-analysis of studies, including more recent ones. For this reason, the research aimed to determine the effects of STEM studies conducted in Turkey between 2010 and 2022 on middle school students' academic achievements, attitudes towards STEM, and interest in STEM professions using meta-analysis. Accordingly, answers to the following research questions are sought:

Q1: What is the level of impact of STEM applications on students' academic success?

Q2: What is the level of impact of STEM applications on students' attitudes towards STEM?

Q3: What is the level of impact of STEM applications on students' interest in STEM professions?

Method

In this study, a meta-analysis was used to seek the possible effects of STEM practices on middle school science education in a larger and general framework. Meta-analysis is a research methodology that attempts to quantitatively integrate the findings of primary studies assessed in accordance with specific criteria on a subject to determine the state of the art (Sánchez-Meca vd., 2010). While there are other approaches for literature reviews, the meta-analysis method stands out from the rest due to its ability to be grounded in statistical data (Özcan, 2008). Although there are different types of meta-analysis, "Study Effect Meta-Analysis" (Bangert-Drowns ve Rudner, 1991) was preferred for this study due to its more stringent inclusion criteria, which exclude studies with significant methodological flaws.

Following the establishment of the meta-analysis's sampling frame, a set of inclusion and exclusion criteria were chosen to limit the data. In order to access experimental or semi-experimental research on STEM education published between the years 2010 and 2022 in Turkey, a set of keywords was defined and a literature search in the National Thesis Center (Ulusal Tez Merkezi), Turkish Academic Network and Information Center (ULAKBİM), Google Scholar, Turkish Education Index and DergiPark was conducted

using the following keywords: “STEM Eğitimi”, “STEM Uygulamaları”, “FeTeMM Eğitimi”, “STEM Tutumları”, “STEM mesleklerine yönelik ilgi”, “STEM”, and “FeTeMM”. In this context, studies that met the inclusion criteria were analyzed and interpreted by including the findings related to these analyzes. As a result of the literature screening, 318 studies on the subject were reached, and analysis was carried out with 86 data obtained from 74 studies that met the inclusion criteria. Of the 74 studies, 54 are master's thesis, 11 are doctoral dissertations, and 9 are research articles. The study data were analyzed using the Comprehensive Meta Analysis (CMA v3.0) program.

Since it was anticipated that effect sizes may differ between studies using various techniques, such as in participant selection and experimental treatment, the random effects model was chosen for this meta-analysis (Borenstein, 2009). To quantify the amount of variance and show a statistically significant variation in the true effect sizes, heterogeneity analysis was also carried out using Q and I^2 statistics. In the analyses, a significance level of 0.05 was selected, and the effect sizes were computed using Hedges's g coefficient (Hedges ve Olkin, 1985). The magnitudes of the effect sizes were interpreted using Cohen's thresholds (weak effect: $d = 0-0.20$; modest effect: $d = 0.21-0.50$; moderate effect: $d = 0.50-1.00$; strong effect: $d > 1.00$) (Cohen vd., 2007).

Findings

This study included 74 eligible reports (11 doctoral dissertations, 54 master theses and 9 journal articles) that produced 86 effect sizes related to the effect of STEM practices on the dependent variables, namely academic success ($N=54$), attitudes towards STEM ($N=24$), and interest in STEM professions ($N=8$). The random effects analysis of the studies examining the STEM practices on students' academic success revealed a large overall effect size (Hedges' $g = 1.330$, $p < 0.001$, 95% CI [1.069, 1.592], $N = 54$). The heterogeneity test yielded a significant value ($Q = 530.352$, $p = .000$). $I^2 = 90.007\%$ indicated high heterogeneity in effect sizes. The same analysis for the studies using only attitudes towards STEM resulted in a moderate-to-strong effect size (Hedges' $g = 0.926$, $p < 0.001$, 95% CI [0.579, 1.273], $N = 24$). The heterogeneity test in this case again yielded a significant value ($Q = 356.701$, $p = .000$) with even a higher I^2 value ($I^2 = 93.552\%$) indicating a higher heterogeneity in effect sizes. Finally, the overall effect size value of eight studies using interest in STEM Professions was positioned between the effect sizes of the other two variables, but still resulted in a strong effect size (Hedges' $g = 1.317$, $p < 0.001$, 95% CI [0.749, 1.884], $N = 8$). The heterogeneity test, once again, yielded a significant value ($Q = 56.904$, $p = .000$). Moreover, I-square value ($I^2 = 87.699\%$) indicated a high degree of heterogeneity. To evaluate publication bias, funnel plot and Classic fail-safe N analyses were performed for each dependent variable. Overall, the findings demonstrated that the three meta-analyses' validity was unaffected by publication bias.

Discussion and Conclusion

This meta-analysis study investigated the impact of STEM practices on academic success, attitudes towards STEM, and interest in STEM professions. First, the results demonstrated that STEM practices have a strong, positive, and significant effect on middle school students' academic achievement (Cohen vd., 2007). This finding can be explained by the fact that the treatment effect is in favor of the experimental group compared to the control group and that STEM education has a greater effect than conventional teaching strategies. Relatively moderate-to-strong effect sizes have been found in similar meta-analyses (Chang vd., 2022; Karaşah Çakıcı, Kol ve Yaman, 2021; Ozkan ve Kettler, 2022). Second, comparable results were obtained regarding the effect of STEM practices on students' attitudes toward STEM, indicating a moderate-to-strong effect size. However, this finding can also be interpreted as STEM education embraces the objective of promoting academic success while fostering positive attitudes toward STEM. Nonetheless, a moderate perspective among researchers that study attitudes holds that some attitudes are resistant to change (Crano ve Prislın, 2008). (Izzah ve Wiyanto, 2018) found a link between STEM education and the positive attitude of middle school students toward STEM fields. Ultimately, it was found that STEM practices were successful in piquing students' interest in STEM-related careers. Overall, it can be said that this study has improved our knowledge of how STEM practices affect students' academic performance, attitudes toward STEM, and interest in STEM-related careers. The practical and research implications of this study can also direct future research efforts to add to the expanding body of evidence regarding the effects of STEM practices on science education.

GİRİŞ

Bireylerin yirmi birinci yüzyıl için gerekli bilgi ve becerilerle donatılması fen eğitiminin temel amaçları arasındadır. Bu amaçları gerçekleştirmek için fen eğitimcileri sürekli yeni fen öğretim yaklaşımları geliştirmeye çalışmaktadır. Son zamanlarda fen eğitimi alanındaki çalışmaların sonuçları, fen öğretiminin geliştirilmesi için mühendislik tasarımı temelli yaklaşımın benimsenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır (Kelly, 2010). Mühendislik alanı, matematiksel ve bilimsel teori ile gündelik teknoloji arasında köprü görevi üstlenerek sosyal gereksinimlerin giderilmesi amacıyla, bilimin ilkeleri ile matematiğin temellerinin bütünleştirilmesini sağlar (Asunda, 2012). Günümüz eğitim anlayışında dikkate değer değişimler arasında kabul edilen STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) yaklaşımı; öğrenme ve öğretme süreci için fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerine yönelik içerik ve becerileri bütünleştirmeyi amaçlayan bir yaklaşımdır. Ülkemizde STEM, ilgili disiplinlerin kısaltmasından oluşan *FeTeMM* kısaltması ile de kullanılmaktadır (Çorlu, 2014).

STEM yaklaşımı, ilgili disiplinlerin birbirinden bağımsız ve farklı konuları ele almalarından ziyade, yaşantısal durumlarla birlikte kullanmayı hedef alan bir öğretimi hedeflemektedir (Hom ve Dobrijevic, 2022). Amerika Ulusal Araştırma Konseyi tarafından sunulan raporlarda (National Research Council [NRC], 2012, 2014), bireylerin STEM disiplinlerine ilişkin başarılarının düşük düzeyde olması ve ilgili disiplinlere ilişkin eğitimi tamamlayan birey sayısındaki azalma sebebiyle, gelecek kuşağın herhangi bir ülkenin bugününün ve geleceğinin ihtiyaçlarını karşılamak konusunda yeterli olmayacağı belirtilmektedir. Dolayısıyla STEM eğitimi, bilimsel gelişmelere ayak uydurabilme ve öncü olabilme noktasında söz sahibi olabilmek ve sürdürülebilir ekonomik gelişim oluşturabilmek amacıyla önemli görülmektedir (Lacey ve Wright, 2009).

STEM'i meydana getiren bütün disiplinler, uyum sağlama yeteneği, etkili iletişim, öz denetim, sosyal beceriler, bilimsel düşünme ve problem çözme gibi 21. yüzyıl becerilerine sahip bireyler yetiştirebilme noktasında kilit rol üstlenmektedir (Bybee, 2010; NRC, 2011). STEM eğitimi alan öğrenciler karşılaştığı problemleri çözebilen, özgüveni yüksek, mantıklı düşünen, yenilikçi, bilim okuryazarı bireyler olarak yetiştirilmektedir (Bybee, 2010). STEM becerileri arzu edilen düzeyde olmayan öğrencilerin ise, mühendislik ve fen disiplinlerine yönelik mesleklere ya da bilim okuryazarlığı becerilerine ihtiyaç duyulan alanlara yeterli düzeyde eğilimleri olmadığı anlaşılmaktadır (Merrill ve Daugherty, 2010).

Toplumsal olarak, sürdürülebilir bilimsel ve ekonomik gelişimin sağlanabilmesi için gerekli olan iş alanlarında, STEM disiplinlerinde uzman bireylerin yetiştirilmesinin ve STEM eğitime ağırlık verilmesinin büyük öneme sahip olduğu söylenebilir (Raines, 2012). Bu doğrultuda, birçok ülkede, fen öğretim programlarında STEM temelli öğretim programlarının temel alındığı görülmektedir. Murphy ve Mancini-Samuels (2012) çalışmalarında, lise öğrencilerine ilişkin daha fazla benimsenmiş olan STEM eğitiminin son yıllarda ortaokul kademesine indirildiğini vurgulamışlardır. Dünyadaki gelişmelerle paralel olarak, Türkiye'de de STEM eğitimi 2017 yılından itibaren fen bilimleri öğretim programına girmiştir. Fen eğitimi, yaşadığımız zamanda teknoloji, mühendislik ve matematikten farklı bir yerde tutulmamaktadır. Fen eğitiminde gerçekleştirilen STEM uygulamaları; bilim ve teknoloji alanlarında yeni şeyler ortaya koyması, mühendisliğe yönelimi sağlaması, öğrencilerin projelerini günlük yaşama aktarabilmesini ve disiplinler arası görüşlerini geliştirebilmesi nedeniyle yaşadığımız zamanda çok önemli bir konudur (MEB, 2017). Bu açıdan STEM, farklı disiplinleri birleştirmesinin yanısıra beceri gelişimine de önem vermesi açısından önemlidir.

Fen Bilimleri dersi kapsamında özellikle ortaokul ve lise seviyelerinin, Fen'in teknoloji, mühendislik ve matematik alanları ile bütünleştirilmesinde en iyi dönemler olduğu düşünülmektedir (Bybee, 2010). Etkili bir fen eğitimi ise öğrenme ve öğretme ortamları iyi hazırlandığında ve uygun koşullar sağlandığında gerçekleşebilir. Böylece, bireyler, feni farklı disiplin alanlarıyla bir araya getirerek günlük yaşamlarında uygulayabilirler. Bu nedenle, STEM eğitimi, ulusal ve uluslararası alanda farklı eğitim düzeylerinde çok sayıda çalışmaya konu olmuştur. Bu çalışmalarda; akademik başarı (Akdağ ve Güneş, 2021; Chine ve Larwin, 2022; Dedetürk, 2018; Ercan ve Şahin, 2015; Kurtuluş, 2019; Olivarez, 2012; Smith ve Tyler-Wood, 2021; Wade-Shepherd, 2016), STEM'e yönelik tutum (Ball, Huang, Cotton ve Rikard, 2017; Ching ve diğerleri, 2019; Doğan, 2019; Gökbayrak ve Karışan, 2017; Graffin ve diğerleri, 2022; Gülhan ve Şahin, 2016; İbrahim ve Şeker, 2022; Leonard ve diğerleri, 2016) ve STEM mesleklerine yönelik ilgi (Badur, 2018; Christensen ve Knezek, 2017; Dieker, Grillo, ve N., 2012; Gülhan ve Şahin, 2016; Japashov ve diğerleri, 2022; Karcı, 2018; Mohr-Schroeder ve diğerleri, 2014; Vennix, Brok ve Taconis, 2018) de dahil olmak üzere birçok değişken üzerinde durulmuştur. Akademik başarı, STEM'e yönelik tutum ve STEM mesleklerine yönelik ilgi üzerine yapılan bu çalışmaların sonuçları incelendiğinde, STEM uygulamalarının

öğrenciler üzerindeki etkilerinin farklı düzeylerde olduğu görülebilir. Bu noktada, STEM uygulamalarının akademik başarı, STEM'e yönelik tutum ve STEM mesleklerine yönelik ilgi üzerine etkisine ilişkin genel çıkarımlar yapabilmek için çalışmalara bütüncül bir bakış açısıyla bakmak ve genel etki durumunu ortaya koymak gerekmektedir. Belirli bir alanda yapılan çalışmaların sistematik ve bütüncül bir şekilde incelenmesi, o alanda ilerleyen zamanlarda yapılacak araştırmalara yol gösterici ve yön belirleyici olacaktır (Çalık ve Sözbilir, 2014).

STEM uygulamalarıyla gerçekleştirilen meta-analiz çalışmaları incelendiğinde, uluslararası düzeyde çok fazla çalışma bulunmasına karşın (Arztmann, Hornstra, Jeurling ve Kester, 2023; Chang ve diğerleri, 2022; Cromley, Chen ve Lawrence, 2023; Izzah ve Wiyanto, 2018; Jayarajah, Saat ve Rauf, 2014; Schmidt, 2016; Wang, Chen, Hwang, Guan ve Wang, 2022), Türkiye'de fen eğitiminde STEM yaklaşımına yönelik sınırlı sayıdaki meta-analiz çalışmasının son yıllarda giderek arttığı ve birbirinden bağımsız ve farklı zaman dilimlerinde yapılan bu çalışmalarda genellikle öğrencilerin akademik başarıları üzerine yoğunlaştığı görülmektedir (Ademoğlu, 2021; Kardeş Çakıcı ve diğerleri, 2021; Taşdemir, 2022). Diğer yandan, Türkiye'de STEM uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin akademik başarıları, STEM'e yönelik tutumları ve STEM mesleklerine yönelik ilgileri üzerindeki etkisiyle ilgili yapılan bireysel çalışmaların sayısı ise günden güne artmaktadır. Bu durum, son yıllarda yapılan çalışmaları da içerecek şekilde, bu konularda yapılmış deneysel desenli çalışmaların bir meta analizini yapmayı gerekli kılmaktadır. Bu nedenle, araştırmada, Türkiye'de 2010-2022 yılları arasında yapılan STEM çalışmalarının; ortaokul öğrencilerinin akademik başarıları, STEM'e yönelik tutumları ve STEM mesleklerine yönelik ilgileri üzerindeki etkisinin etki büyüklük düzeyleri, meta analiz yöntemiyle ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla aşağıdaki araştırma sorularına yanıt aranmıştır.

1. STEM uygulamalarıyla gerçekleştirilen fen eğitiminin, öğrencilerin akademik başarılarına etkisi ne düzeydedir?
2. STEM uygulamalarıyla gerçekleştirilen fen eğitiminin, öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarına etkisi ne düzeydedir?
3. STEM uygulamalarıyla gerçekleştirilen fen eğitiminin, öğrencilerin STEM mesleklerine yönelik ilgilerine etkisi ne düzeydedir?

Bu araştırmadan elde edilecek sonuçların ilgili alanyazına katkıda bulunacağı, fen eğitiminde STEM uygulamalarının öğretimde kullanılma stratejisini etkileyerek öğretim programı ve ders kitaplarının oluşturulmasında görev alan komisyon üyelerine, öğrenme ortamını düzenleyen öğretmenlere ve özellikle STEM eğitime yönelik araştırma yapacak olan araştırmacılara rehberlik ederek gelecekteki araştırmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Bu çalışmada, fen eğitiminde STEM uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin akademik başarı, STEM'e yönelik tutum ve STEM mesleklerine yönelik ilgilerine etkisini daha geniş ve genel bir çerçevede görebilmek için meta analiz yöntemi kullanılmıştır. Meta analiz; belirlenen bir alana ilişkin birbirinden bağımsız olarak gerçekleştirilmiş benzer çalışmalardan elde edilen sonuçları birleştirerek yeniden yorumlayabilmek amacıyla kullanılan literatür tarama yöntemlerinden birisidir (Hunter ve Schmidt, 1990). Literatür taramasına ilişkin çok fazla yöntemin olmasına karşın meta analiz yönteminin mevcut diğer yöntemlere kıyasla en önemli farkı, bu yöntemin istatistiksel verilere dayandırılmasıdır (Özcan, 2008). Meta analiz yöntemine ilişkin farklı türler bulunmasına karşın bu çalışmada dahil edilme kurallarının daha seçici olması ve ciddi metodolojik kusurları olan çalışmaları hariç tutması nedeniyle "Çalışma Etkisi Meta Analizi" tercih edilmiştir (Bangert-Drowns ve Rudner, 1991).

Verilerin Toplanması

Araştırma verileri, Türkiye'de fen eğitiminde gerçekleştirilen STEM uygulamalarının; ortaokul öğrencilerinin akademik başarı, STEM'e yönelik tutum ve STEM mesleklerine yönelik ilgilerine etkisini inceleyen deneysel ya da yarı deneysel nitelikteki çalışmalardan toplanmıştır. STEM eğitimi yaklaşımını kullanan bu çalışmalara ulaşabilmek amacıyla literatür taraması yapılmıştır. Bunun için lisansüstü tezler Ulusal Tez Merkezi veri tabanında, makaleler ise ULAKBİM, Dergi Park, Türk Eğitim İndeksi, Akademik Dizin, Google Akademik veri tabanlarında;

“STEM Eğitimi”, “STEM Uygulamaları”, “FeTeMM Eğitimi”, “STEM Tutumları”, “STEM mesleklerine yönelik ilgi”, “STEM” ve “FeTeMM” anahtar kelimeleri ile taranmıştır. Araştırma verilerinin toplanması sırasında izlenen dahil edilme ve hariç tutulma ölçütleri ile toplanan veriler için oluşturulan kodlama stratejisi, aşağıda başlıklar halinde ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Dahil Edilme Ölçütleri

Araştırma kapsamına alınacak çalışmalar için belirlenen dâhil edilme ölçütleri şunlardır:

- Çalışmanın 2010-2022 tarihleri arasında yayımlanmış olması.
- Çalışmanın yüksek lisans tezi, doktora tezi veya hakemli bilimsel dergilerde yayımlanmış araştırma makalesi olması.
- Fen bilimleri dersinde gerçekleştirilen STEM uygulamalarının, öğrencilerin akademik başarılarına, STEM tutumlarına ve STEM mesleklerine yönelik ilgilerine etkisini inceleyen çalışmalar olması.
- Öntest-sontest kontrol gruplu modeli kullanan deneysel ya da yarı deneysel çalışmalar olması.
- Deney gurubund öğretimin STEM uygulamalarıyla, kontrol grubunda ise STEM dışındaki yöntem ve tekniklerle yapılmış olması.
- Çalışmanın Türkçe ya da İngilizce dillerinden birinde yazılmış olması.
- Çalışmanın örnekleminin ortaokul öğrencilerinden seçilmiş olması.
- Etki büyüklüğünü hesaplayabilmek için çalışmanın deney ve kontrol gruplarına ait örneklem büyüklüğü, aritmetik ortalama ve standart sapma değerlerini içermesi.

Hariç Tutulma Ölçütleri

Araştırma kapsamına alınacak çalışmalar için belirlenen hariç tutulma ölçütleri ise şunlardır:

- 2010 yılından önce veya 2022 yılından sonra yayımlanan çalışmalar,
- Hakemli akademik dergiler dışındaki dergilerde yayımlanan makaleler ya da bilimsel toplantılarda sunulan bildiriler,
- STEM eğitimi yaklaşımının akademik başarı, STEM’e yönelik tutum ve STEM mesleklerine yönelik ilgidışındaki değişkenler üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmalar,
- Deneysel ya da yarı deneysel desende tasarlanmayan, ön test uygulanmayan ya da kontrol grubu bulunmayan çalışmalar,
- Deney grubunda STEM uygulamalarının olmadığı çalışmalar,
- Türkçe ya da İngilizce dışındaki başka bir dilde yazılan çalışmalar,
- Okul öncesi, ilkokul, lise ve üniversite kademeleri ile yetişkin eğitimi kapsamında gerçekleştirilen çalışmalar,
- Etki büyüklüğü değerlerinin hesaplanması için gerekli verileri ya da ham puanları içermeyen çalışmalar.

Kodlama Stratejisi

Araştırma verileri, araştırmacının kendisi ve ikinci bir araştırmacı tarafından hazırlanan bir kodlama formuna işlenmiştir. Bu form, üç bölümden oluşmuştur. Birinci bölüm, “çalışma numarası”dır. Bu bölüm, çalışmanın numarasını tespit etmek amacıyla çalışmanın adı, yazarının adı, çalışmanın yapıldığı yıl, yayın türü gibi bilgiler içermektedir. İkinci bölüm “çalışma alanı”dır ve bu bölümde STEM yaklaşımının uygulandığı öğrenim düzeyi, araştırmayı yapan yazar/lar, araştırmada kullanılan ölçek/leri hazırlayanlar gibi bilgilere yer vermektedir. Üçüncü bölüm ise, “çalışmanın verileri”dir ve bu bölümde deney ve kontrol gruplarından elde edilen örneklem büyüklüğü, ortalamaları ve standart sapma değerleri hakkında bilgiler yer almaktadır. Kodlamalar sırasında kodlayıcılar arasında oluşan fikir ayrılıkları tartışılarak değerlendirilmiş ve fikir birliğine ulaşılmıştır.

Verilerin Analizi

Alanyazın taraması sonucunda araştırma konusuyla ilgili 318 çalışmaya ulaşılmış olup, bu çalışmalardan araştırmaya dahil edilenlerin 54’ü yüksek lisans tezi, 11’i doktora tezi ve ‘u ise araştırma makalesidir. Sonuç olarak, dahil edilme kriterlerini karşılayan 74 çalışmadan elde edilen 86 etki değeri üzerinden meta analizler yapılmıştır. Verilerin analizinde Kapsamlı Meta Analizi (CMA v3.0) programı kullanılmıştır. Analizler; CMA programında standart sapma, ortalama ve örneklem büyüklüklerinin veri olarak girildiği format seçilerek 0,05 anlamlılık düzeyinde gerçekleştirilmiştir.

Çalışmaları nicel olarak birleştirmek için karşılaştırılabilir olan ölçümlerin alınması gerekmektedir. Bu tür karşılaştırılabilir ölçümleri almaya yönelik girişimler, etki büyüklükleri olarak adlandırılan bir grup indeks vermiştir (Littell, Corcoran ve Pillai, 2008, s. 17). Bu nedenle araştırmada, öncelikle meta analize dahil edilme ölçütlerine uyan bireysel çalışmaların etki büyüklükleri hesaplanmıştır. Etki büyüklüğü evrende ortaya çıkan ya da bulunan sonucun büyüklüğünü ifade eder (Ellis, 2010, s. 5). Araştırmada, örneklem sayısı 30'dan büyük olan çalışma sayısının fazlalığı nedeniyle, etki büyüklüklerinin hesaplanmasında Hedges g katsayısı tercih edilmiştir. Hedges g, hem deney hem de kontrol gruplarının ağırlıklarına ve örneklem büyüklüğüne (N) göre standart sapma değerleri verir ve ayrıca küçük pozitif örnek yanlılığını da elimine eder (Hedges ve Olkin, 1985).

Meta analiz çalışmalarında istatistiksel modeller kullanılarak yapılan analizler sonucunda elde edilen etki büyüklükleri yorumlanırken, bulunan sonuçların hangi düzeyde olduğunu yorumlamada bazı sınıflandırmalar kullanılmaktadır. Alanyazında birden fazla sınıflandırma bulunmasına karşın (Cohen, 1988; Thalheimer ve Cook, 2002) bu araştırmada, Cohen tarafından revize edilen aşağıdaki sınıflandırma kullanılmıştır (Cohen ve diğerleri, 2007, s. 521). Buna göre;

- $0 \leq \text{Etki büyüklüğü değeri} \leq 0.20$: zayıf etki (weak effect),
- $0.21 \leq \text{Etki büyüklüğü değeri} \leq 0.50$: orta etki (modest effect),
- $0.51 \leq \text{Etki büyüklüğü değeri} \leq 1.00$: ortanın üzerinde etki (moderate effect),
- $1.01 \leq \text{Etki büyüklüğü değeri}$: güçlü etki (strong effect) anlamına gelmektedir.

Etki büyüklüklerinin hesaplanmasından sonra uygulanacak modeli belirlemek üzere Q ve I² istatistikleri kullanılarak heterojenlik analizleri yapılmıştır (Huedo-Medina vd., 2006). Alanyazına göre, %25'lik bir I² değeri düşük heterojenliği, %50'lik orta düzey heterojenliği ve %75'lik yüksek heterojenliği temsil eder (Higgins vd., 2003). Analiz sonucunda, çalışmalardaki etki büyüklüklerinin heterojen olduğu sonucuna varılarak heterojen çalışmalarda kullanılan rastgele etkiler modeli seçilmiştir (Borenstein vd., 2011). Çalışmadaki bağımlı değişkenler için yürütülen her üç meta analizde, genel etki büyüklükleri rastgele etkiler modeline göre hesaplanmıştır. Diğer yandan, etki büyüklüğü yüksek olan çalışmalar daha sık yayınlanma eğiliminde olduğundan, meta-analiz araştırmalarında bu çalışmaları araştırmaya dahil etme riski olabilir ve bu durum meta-analizde yayın yanlılığına neden olabilir (Borenstein, 2009). Sonuçların geçerliliğini ve genellenmesini etkileyebilecek ciddi bir sorun olan yayın yanlılığını test etmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu araştırmada, yayın yanlılığını test etmek için huni grafikleri ve Rosenthal'ın Korumalı N istatistiği kullanılmıştır. Huni grafiği yorumlaması oldukça öznel bir işlem olduğu için yayın yanlılığı istatistiklerine de ayrıca ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan biri Rosenthal'ın Korumalı N istatistiğidir (Rosenthal, 1979). Burada Classic fail-safe N istatistiğinde p değerinin alfa değerinden büyük olması için yani anlamlılığın ortadan kaldırılması için etki değeri sıfır olan kaç tane çalışmanın analize dahil edilmesi gerektiği ifade edilir. Buna ayrıca hata koruma sayısı da denilmektedir (Dinçer, 2021). Başka bir ifadeyle, Classic fail-safe N istatistiğinde hesaplanan değer, Rosenthal'ın (1979) $5k + 10$ formülünden bulunan değerden büyükse-k etki büyüklüğüdür- yapılan analizde yayın yanlılığı olmadığı sonucuna varılır.

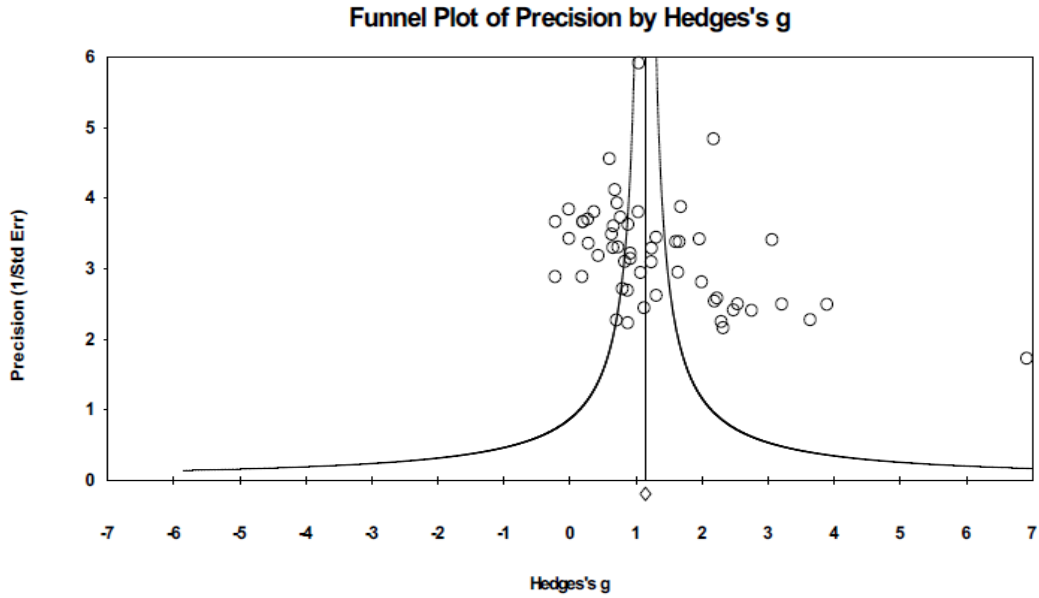
BULGULAR

Bu bölümde araştırmanın amacı doğrultusunda akademik başarı, tutum ve ilgi değişkenlerine ilişkin gerçekleştirilen üç farklı meta analiz çalışmasının bulgularına yer verilmiştir. İncelenen her değişkene ilişkin heterojenlik analizi sonuçları, sabit ve rastgele etkiler modeli etki büyüklükleri ve yayın yanlılığı ile ilgili istatistiksel bulgular aşağıda sunulmuştur.

STEM Akademik Başarı Değişkenine İlişkin Meta Analiz Bulguları

Heterojenlik Analizi

Akademik Başarı değişkenine ilişkin meta analiz çalışmasında kullanılacak modeli belirleyebilmek için heterojenlik analizleri yapılmış ve elde edilen bulgular Şekil 1 ve Tablo 1' de sunulmuştur.



Şekil 1. Akademik başarı değişkeni Hedges g değerine göre etki büyüklüklerinin huni grafiği

Şekil 1’de bireysel etki büyüklüğü huni grafiğinde bireysel çalışmalar daire, genel etki düzeyi ise elmas şeklinde gösterilmektedir. Grafikte bireysel çalışmaların eğim çizgileri arasında olması beklenir. Ancak görüldüğü üzere bazı çalışmalar eğim çizgilerinin dışındadır. Bu durum, çalışmanın heterojen bir yapıda olduğunu göstermektedir (Dinçer, 2021). Huni grafiğinin asimetrik olmasının olası nedenlerinden birinin heterojenlik olduğu ifade edilmektedir (Egger vd., 1997).

Şekil 1’deki huni grafiği üzerinden yapılan subjektif heterojenlik değerlendirmesinin yanında, heterojenliği objektif olarak değerlendirebilmek için Q ve I² istatistikleri yapılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1.

Akademik başarı değişkenine ait heterojenlik bulguları

Q-değeri	Sd (Q)	p-değeri	I-kare	Tau-kare	Standart Hata	Varyans	Tau
530.352	53	0.000	90.007	0.849	0.200	0.040	0.819

Tablo 1’e göre, Q-istatistiği ve I-kare değeri (Q = 530.352; I² = % 90.007, p <0.001), çalışmalar arasındaki etki büyüklüğü dağılımının anlamlı derecede heterojen olduğunu ortaya koymaktadır (Borenstein vd., 2011). Bu durum, akademik başarı genel etki büyüklüğünün hesaplanmasında rastgele etkiler modelinin daha uygun olduğunu göstermektedir (Dinçer, 2021).

Genel Etki Büyüklükleri

Akademik başarı değişkenine ilişkin meta analiz kapsamına alınan çalışmaların sabit ve rastgele etkiler modellerine ilişkin genel etki büyüklükleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2.

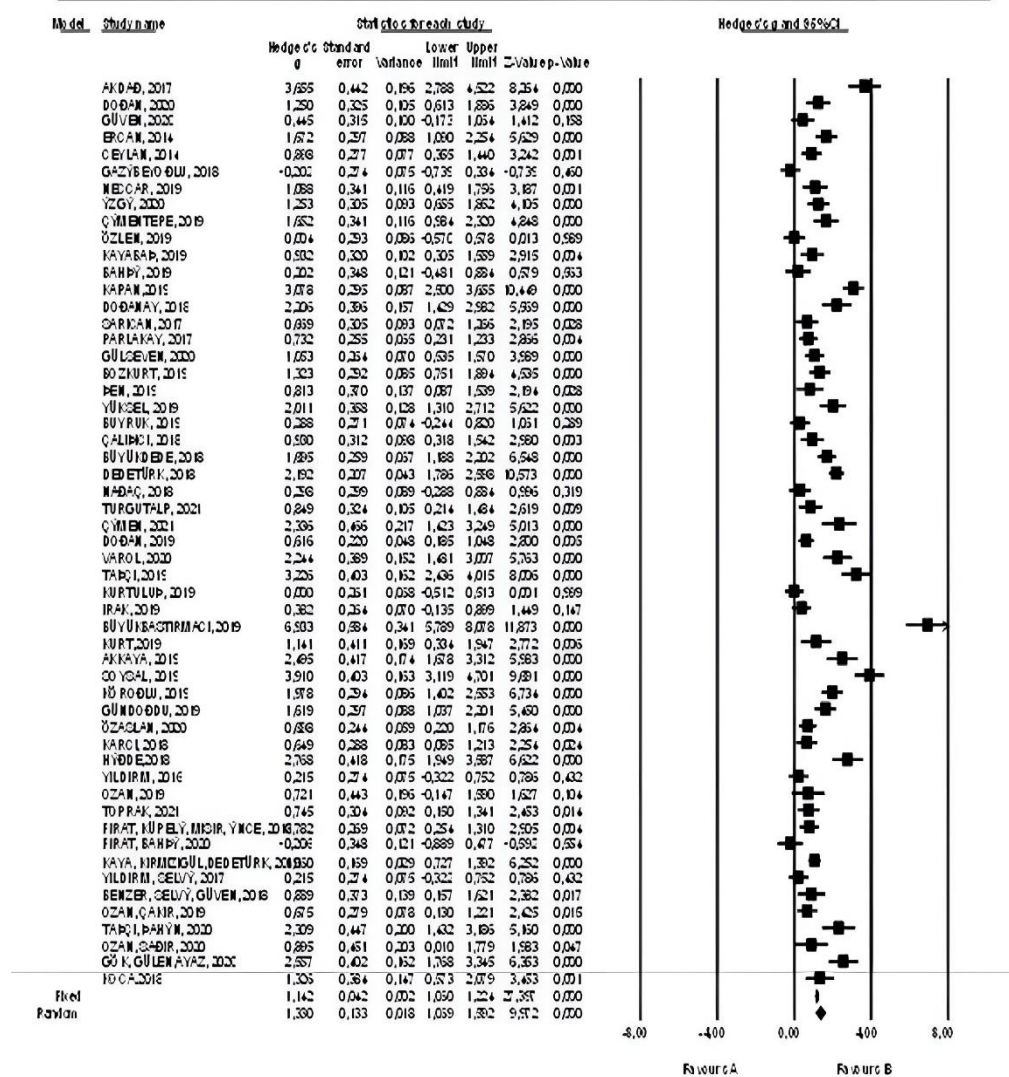
Akademik başarı değişkenine ait genel etki büyüklükleri

Model	N	Standart Hata	Hedges g	%95 Güven Aralığı	Z-değeri	p-değeri
Sabit (Fixed)	54	0.042	1.142	[1.060, 1.224]	23.397	0.000
Rasgele (Random)	54	0.133	1.330	[1.069, 1.592]	9.972	0.000

Tablo 2' de, rastgele etkiler modeline göre yapılan analizler; genel etki büyüklüğü değerinin 1,330 ve %95 güven aralığında 1,069 ve 1,592 limitleri arasında yer aldığını ve istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ($p < 0.001$) göstermektedir. Bu durum, 54 etki değeri ile yapılan meta analiz sonucunda STEM uygulamaları ile gerçekleştirilen fen eğitiminin, öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etki büyüklüğünün pozitif yönde ve güçlü bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Cohen vd., 2007).

Çalışma kapsamına alınan ve akademik başarıyı inceleyen araştırmaların Hedges g etki büyüklüklerinin dağılımını ortaya koyan orman grafiği ise Şekil 2.'de verilmiştir.

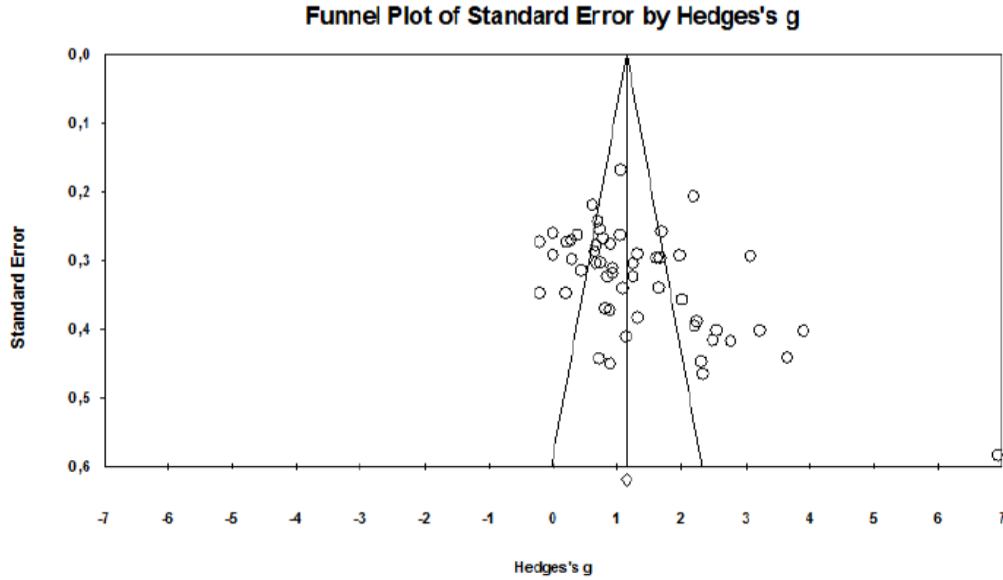
Meta Analysis



Meta Analysis

Şekil 2. Akademik başarıyı inceleyen çalışmaların orman grafiği

Şekil 2' deki orman grafiğinde içi dolu kareler bireysel etki büyüklüklerini ifade etmektedir. Bu karelerin büyüklükleri örneklem sayıları ile doğru orantılıdır. Ayrıca karelerin içerisinden geçen yatay çizgiler çalışma aralıklarını ifade etmektedir. Orman grafiğinin skalası etki büyüklüğüne göre değiştirilebilmektedir. Genel olarak etki büyüklükleri değeri 0-4 arasında yoğunlaşmış olsa da, bir çalışmanın etki büyüklüğü 6,933 olarak hesaplandığı için bütün tabloyu gözler önüne sermek amacıyla skala geniş tutulmuştur (-8,+8). Orman grafiğinde genel etki büyüklüğünü ifade eden eşkenar dörtgenin (1.330) pozitif ve 1'den büyük bir değer olduğu görülmektedir. Bu da, STEM uygulamalarının akademik başarı üzerinde pozitif ve güçlü bir etkiye sahip olduğuna işaret etmektedir (Cohen vd., 2007).



Şekil 3. Akademik başarıyı inceleyen çalışmaların huni diyagramı (yayın yanlılığı grafiği)

Şekil 3 incelendiğinde, yatay ekseninde etki büyüklükleri, dikey ekseninde ise standart hata gibi değerler görülmektedir. Grafiğin ortasındaki çizgi genel etki değerini temsil eder. Örneklem büyüklüğünün büyük olduğu çalışmalar genellikle grafiğin üst kısmında ve genel etki büyüklüğünün etrafında kümelenmektedir. Örneklem büyüklüğü küçük olan çalışmalar ise genellikle huni grafiğinin alt kısmında toplanır. Yayın yanlılığının olmaması için bireysel çalışmaların hepsinin huni çizgilerinin içerisinde ve simetrik biçimde saçılması beklenir. Huni dışına saçılmış çalışmalar yayın yanlılığına neden olabilir. Ancak huni grafikleri genelde sübjektif olarak değerlendirildiğinden, yayın yanlılığı konusunda diğer istatistiklere de bakmak gerekir (Şen ve Yıldırım, 2020). Bunlardan biri, Rosenthal'ın klasik fail-safe N testidir (Rosenthal, 1979). Klasik fail-safe N analizi sonucunda elde edilen bulgular Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 3.

Akademik başarı değişkenine ait Rosenthal'ın Klasik Fail-Safe N analizi

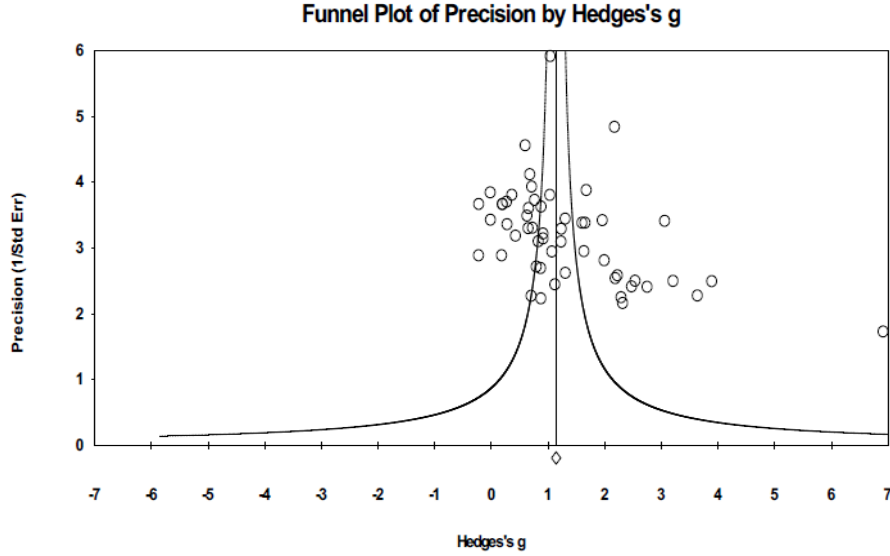
N	Araştırmayı geçersiz kılmak için gerekli çalışma sayısı	z-değeri	p-değeri	Alfa değeri	Alfa için z-değeri
54	1729	28.951	0.000	0.050	1.959

Tablo 3 incelendiğinde, yapılan meta analiz çalışmasından elde edilen hata koruma sayısı (fail safe N) Rosenthal'ın yöntemine göre 1729 olarak hesaplanmıştır. Bu değer elde edilen $p=0,000$ anlamlılık değerinin; $p>0,05$ değerine yükseltilebilmesi yani anlamlılığın ortadan kaldırılabilmesi için etki büyüklüğü değeri "0" olan ve meta analize dahil edilmesi gereken çalışma sayısını ifade etmektedir. Bu bağlamda 54 çalışmanın verilerinden yapılan meta analiz çalışmasından elde edilen bulguların ve anlamlılığın geçersiz sayılabilmesi için 1729 tane anlamlı olmayan çalışmanın meta analize dahil edilmesi gerekmektedir. Başka bir ifadeyle, 1729 değeri $5(54) + 10 = 280$ toplamından büyüktür. Etki büyüklüklerinin istatistiksel olarak anlamsız olması için çok sayıda anlamlı olmayan yayınlanmamış çalışmanın olması gerekir. Bu bulgulara göre, yapılan meta analiz çalışmasının güvenilir olduğu, araştırmada yayın yanlılığının olmadığı sonucuna varılabilir (Dinçer, 2021).

STEM'e Yönelik Tutum Değişkenine İlişkin Meta Analiz Bulguları

Heterojenlik Analizi

Tutum değişkenine ilişkin analiz çalışmasında kullanılacak modeli belirleyebilmek için heterojenlik analizleri yapılmış ve elde edilen bulgular Şekil 4 ve Tablo 4' de verilmiştir.



Şekil 4. Tutum değişkeni Hedges g değerine göre etki büyüklüklerinin huni grafiği

Şekil 4 incelendiğinde, bazı çalışmaların eğim çizgisinin dışında olduğu görülmektedir. Bireysel çalışmaların çoğunun eğim çizgisi içerisinde yer alması, çalışmanın heterojen bir yapıda olduğunu göstermektedir. Ancak bu yorum tek başına yeterli değildir. Dolayısıyla heterojenlik durumunu nesnel bir şekilde yorumlayabilmek için Q ve I² istatistiklerine bakmak gerekmektedir.

Tablo 4.

Tutum değişkenine ait heterojenlik bulguları

Q-değeri	Sd (Q)	p-değeri	I-kare	Tau-kare	Standart Hata	Varyans	Tau
356.701	23	0.000	93.552	0.667	0.362	0.131	0.816

Tablo 4'teki verilere göre, Q-istatistiği ve I-kare değeri (Q = 356.701; I² = % 93. 552, p <0.001), çalışmalar arasındaki etki büyüklüğü dağılımının anlamlı derecede heterojen olduğunu ortaya koymaktadır (Borenstein vd., 2011). Bu durum, tutum değişkenine ilişkin genel etki büyüklüğünün hesaplanmasında rastgele etkiler modelinin daha uygun olduğunu göstermektedir (Dinçer, 2021).

Genel Etki Büyüklükleri

Araştırmada, tutum değişkenine ilişkin meta analiz kapsamına alınan çalışmaların sabit ve rastgele etkiler modellerine ait genel etki büyüklükleri Tablo 5'de verilmiştir

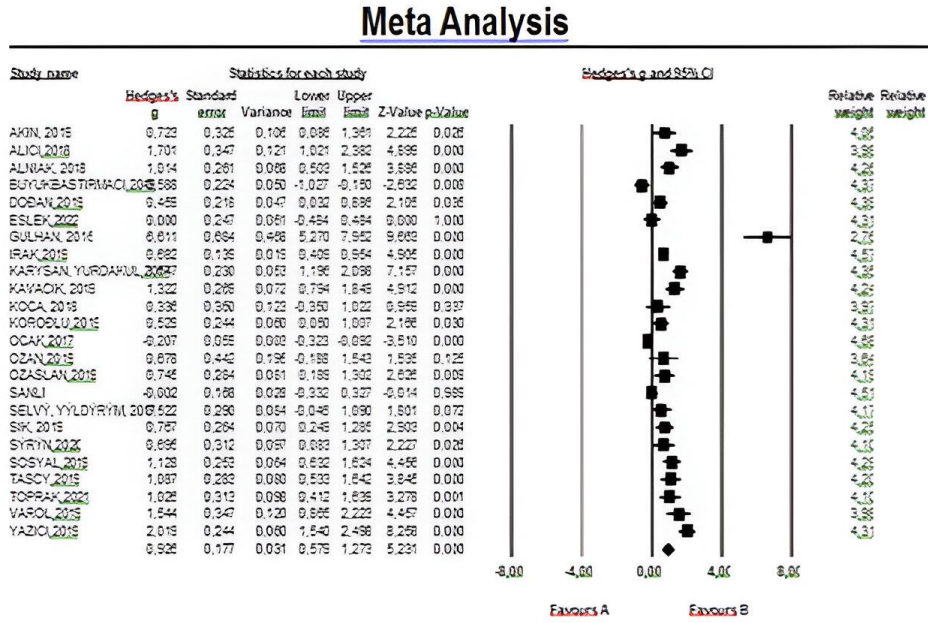
Tablo 5.

Tutum değişkenine ait genel etki büyüklükleri

Model	N	Standart Hata	Hedges g	%95 Güven Aralığı	Z-değeri	p-değeri
Sabit (Fixed)	24	0.039	0.327	[0.250, 0.405]	8.292	0.000
Rasgele (Random)	24	0.177	0.926	[0.579, 1.273]	5.231	0.000

Tablo 5'e göre rastgele etkiler modeline ilişkin yapılan analizler sonucunda genel etki büyüklüğü değeri, 0,177 standart hata ile 0,926 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, bu değer, %95 güven aralığında 0,579 ve 1.273 limitleri arasında yer almaktadır ve istatistiksel olarak anlamlıdır (p <0.001). Bu bulgu, 24 etki

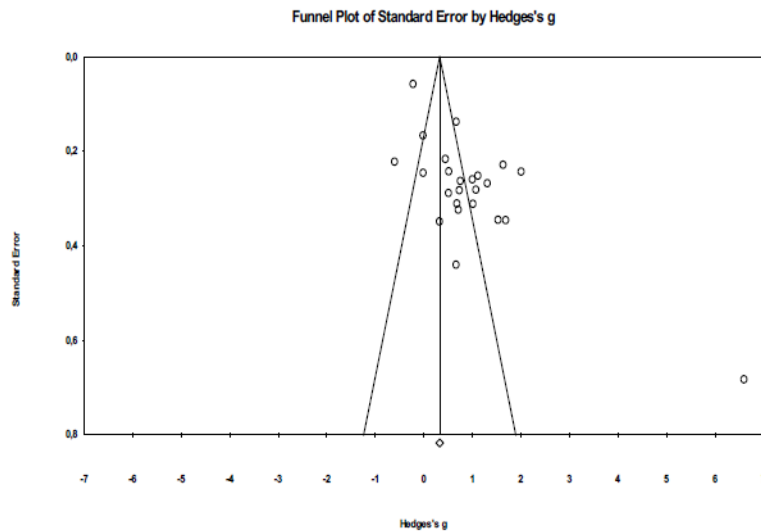
değeri ile yapılan meta analiz sonucunda STEM uygulamaları ile gerçekleştirilen fen eğitiminin, öğrencilerin STEM uygulamalarına yönelik tutumları üzerinde Cohen kriterlerine göre ortanın üzerinde bir etki büyüklüğüne sahip olduğunu göstermektedir (Cohen vd., 2007). Öte yandan, sabit etkiler modeline göre hesaplanan Hedges g (0.327) değeri ile rasgele etkiler modeline göre hesaplanan Hedges g (0.926) değerleri arasındaki büyük farklılık heterojenlikten kaynaklanabilir. Heterojenlik, çalışmalar arasında etki büyüklüğünün farklı olması durumudur. Sabit etkiler modeli, tüm çalışmaların aynı etki büyüklüğüne sahip olduğunu varsayar. Bu nedenle, heterojenlik varsa, sabit etkiler modeli, gerçek etki büyüklüğünden çok daha küçük bir değer tahmin edebilir (Borenstein, 2009; Higgins vd., 2003; Lipsey ve Wilson, 2001). Çalışma kapsamında alınan ve STEM Tutumlarını inceleyen araştırmaların Hedges's g etki büyüklüklerinin dağılımını ortaya koyan orman grafiği ise Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Tutum değişkenini inceleyen çalışmaların orman grafiği

Şekil 5 incelendiğinde, orman grafiğinde genel etki büyüklüğünü ifade eden eşkenar dörtgenin pozitif ve 1'e çok yakın bir değer (0.926) olduğu görülmektedir. Bu bulgu, fen eğitiminde STEM uygulamalarının öğrencilerin STEM tutumları üzerinde, ortanın üzerinde bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Cohen vd., 2007).

Yayın Yanlılığı



Şekil 6. Tutum değişkenine ilişkin çalışmaların huni diyagramı (yayın yanlılığı grafiği)

Şekil 6'daki grafik incelendiğinde, çalışmaların genelde grafiğin üst tarafında genel etki büyüklüğü çevresinde toplandığı ve fakat bazı çalışmaların ise huni dışına saçılmış olduğu görülmektedir. Alanyazında, huni dışına saçılmış çalışmaların yayın yanlılığına sebep olabileceği ifade edilmektedir (Egger vd., 1997). Fakat huni grafikleri genelde öznel olarak değerlendirildiğinden yayın yanlılığı konusunda daha ileri istatistiklere bakmak gerekir. Bu nedenle, tutum değişkeni ile ilgili çalışmalarda yayın yanlılığını istatistiksel olarak test etmek için Rosenthal'ın koruma sayısı analizi yapılmıştır (Tablo 6).

Tablo 6.

Tutum değişkenine ait Rosenthal'ın Klasik Fail-Safe N analizi

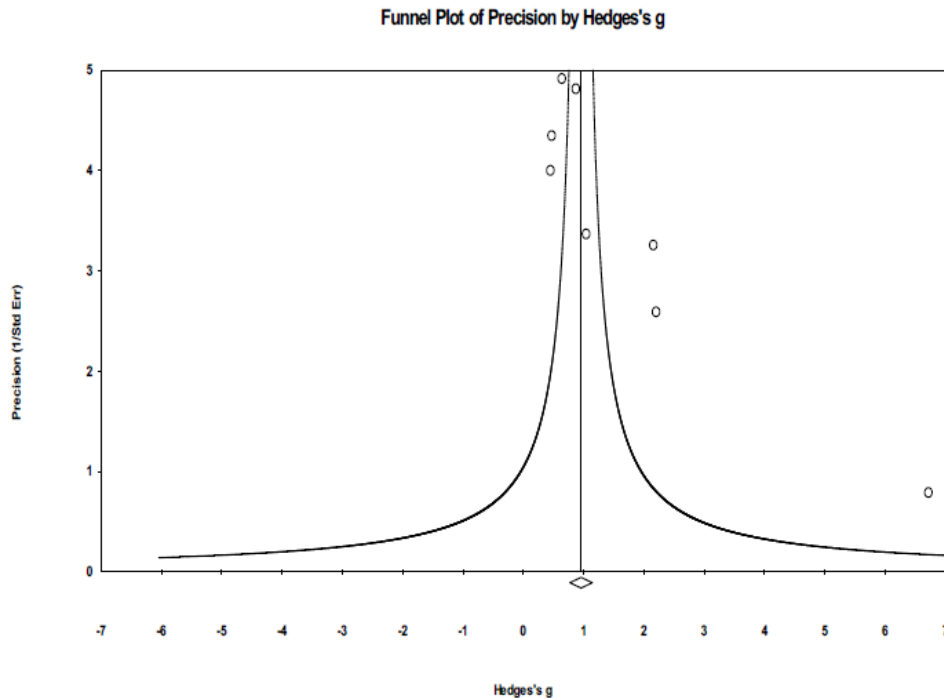
N	Araştırmayı geçersiz kılmak için gerekli çalışma sayısı	z-değeri	p-değeri	Alfa değeri	Alfa için z-değeri
24	1330	14.718	0.000	0.050	1.959

Tablo 6 incelendiğinde, meta analiz çalışmasından elde edilen hata koruma sayısının (fail safe N) Rosenthal'in yöntemine göre 1330 olarak hesaplandığı görülmektedir. Bu değer, esasen elde edilen $p=0,000$ anlamlılık değerinin; $p>0,05$ değerine yükseltilebilmesi yani anlamlılığın ortadan kaldırılabilmesi için etki büyüklüğü değeri "0" olan ve meta analize dahil edilmesi gereken çalışma sayısını ifade etmektedir. Bu bağlamda 24 çalışmanın verileriyle gerçekleştirilen meta analizle elde edilen bulguların ve anlamlılığın geçersiz sayılabilmesi için 1330 tane anlamlı olmayan çalışmanın meta analize dahil edilmesi gerekmektedir. Başka bir ifadeyle bu değer, $5(24) + 10 = 130$ toplamından oldukça büyük olduğundan, tutum değişkeni ile ilgili yapılan meta analiz çalışmasında yayın yanlılığının olmadığı sonucu çıkarılabilir (Şen ve Yıldırım, 2020).

STEM Mesleklerine Yönelik İlgili Değişkenine İlişkin Meta Analiz Bulguları

Heterojenlik Analizi

Araştırmada, STEM mesleklerine yönelik ilgi değişkenine ilişkin meta analiz çalışmasında kullanılacak modeli belirleyebilmek için heterojenlik analizleri yapılmış ve elde edilen bulgular aşağıda Şekil 7 ve Tablo 7' de sunulmuştur.



Şekil 7. İlgili değişkeni Hedges g değerine göre etki büyüklüklerinin huni grafiği

Şekil 7' ye bakıldığında, grafikte çalışmaların çoğunun eğim çizgisinin dışında olduğu görülmektedir. Bu durumda, heterojenlik durumunu daha objektif yorumlayabilmek için Q ve I² değerlerine bakmak gerek. Bu nedenle, ilgi değişkenine ilişkin çalışma verileri üzerinden istatistiksel heterojenlik analizleri yapılmıştır (Tablo 7).

Tablo 7.

İlgi değişkenine ait heterojenlik bulguları

Q-değeri	Sd (Q)	p-değeri	I-kare	Tau-kare	Standart Hata	Varyans	Tau
56.904	7	0.000	87.699	0.537	0.363	0.132	0.733

Tablo 7 incelendiğinde, yapılan heterojenlik testi neticesinde Q değeri 56,904 olarak hesaplanmıştır. Bu değer χ^2 tablosunda 7 serbestlik derecesinin %95 anlamlılık düzeyinde kritik değerinin 16,919 olduğu tespit edilmiştir. Buna göre Q değerinin χ^2 tablosundaki kritik değerinden (df=7 için $\chi^2=16,919$) yüksek olması ve I-kare değerinin de %75 den istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek olması ($I^2 = \%87.699$, $p < .001$), meta analiz kapsamına alınan ilgi değişkenine ilişkin çalışmaların heterojen bir yapıda olduğunu göstermektedir. Bu bulgu, rastgele etkiler modelinin kullanılmasını gerektirmektedir (Dinçer, 2021).

Genel Etki Büyüklükleri

STEM mesleklerine yönelik ilgilerini araştıran ve meta-analiz kapsamına alınan çalışmaların sabit ve rastgele etkiler modellerine ilişkin genel etki büyüklükleri Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8.

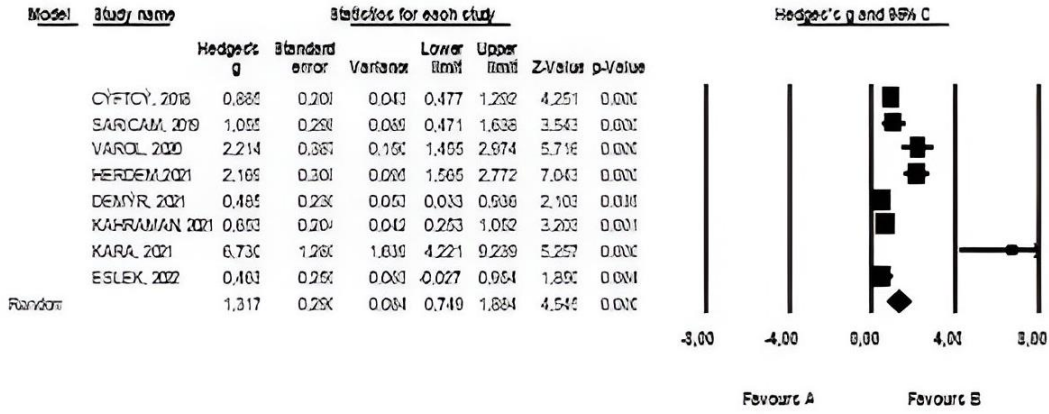
İlgi değişkenine ait genel etki büyüklükleri

Model	N	Standart Hata	Hedges g	%95 Güven Aralığı	Z-değeri	p-değeri
Sabit (Fixed)	8	0.095	0.957	[0.771, 1.143]	10.087	0.000
Rasgele (Random)	8	0.290	1.317	[0.749, 1.884]	4.545	0.000

Genel etki büyüklüğü öncelikle sabit etkiler modeline göre hesaplanmış ve 0,095 standart hata ile 0,957 olarak ölçülmüştür. Ancak, yapılan heterojenlik analizleri sonucunda genel etki büyüklüğünün hesaplanmasında kullanılacak modelin rastgele etkiler modeli olmasına karar verildiğinden rastgele etkiler modelinin analizi sonucunda genel etki büyüklüğü değeri 0,290 standart hata ile 1.317 olarak hesaplanmıştır. Etki büyüklüğünün %95 güven aralığında alt sınırının 0,749, üst sınırının ise 1,884 olduğu görülmektedir. Genel etki büyüklüğünün pozitif değeri, bu etkinin STEM yaklaşımını kullanan deney grupları lehine olduğunu göstermektedir. Ayrıca hesaplanan 4,545 z değerinin $p=0,000$ ile istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. P değerinin 0,05'ten küçük olması gruplar arasında belirgin bir farklılık olduğunu göstermektedir. Buna göre fen eğitiminde STEM yaklaşımının, öğrencilerin STEM mesleklerine yönelik ilgilerini artırmada olumlu ve güçlü bir etkiye sahip olduğu ifade edilebilir (Cohen vd., 2007).

Çalışma kapsamına alınan ve STEM mesleklerine yönelik ilgileri inceleyen araştırmaların Hedges g etki büyüklüklerinin dağılımını ortaya koyan orman grafiği Şekil 8'de verilmiştir.

Meta Analysis

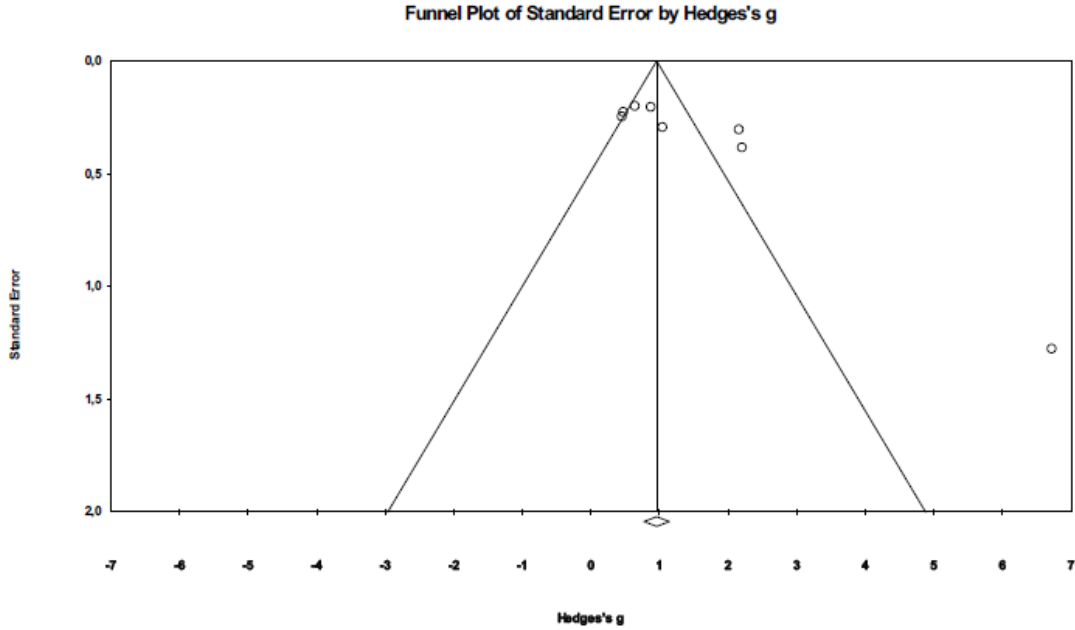


Meta Analysis

Şekil 8. İlgi değişkenini inceleyen çalışmaların orman grafiği

Şekil 8 incelendiğinde, orman grafiğinde genel etki büyüklüğünü ifade eden eşkenar dörtgenin pozitif ve 1'den büyük bir değer (1.317) olduğu görülmektedir. Bu durum, fen eğitiminde STEM uygulamalarının öğrencilerin STEM mesleklerine yönelik ilgileri üzerinde güçlü bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir (Cohen vd., 2007).

Yayın Yanlılığı



Şekil 9. İlgi değişkenine ilişkin çalışmaların huni diyagramı (yayın yanlılığı grafiği)

Şekil 9'daki grafik incelendiğinde, çalışmaların genelde grafiğin üst tarafında genel etki büyüklüğü çevresinde toplandığı ve fakat bazı çalışmaların ise huni dışına saçılmış olduğu görülmektedir. Huni grafiğindeki bu asimetri, yayın yanlılığından kaynaklanabilecek veya kaynaklanmayabilecek küçük bir çalışma yanlılığı olduğuna işaret etmektedir (Egger vd., 1997). Fakat huni grafikleri genelde öznel olarak değerlendirildiğinden yayın yanlılığı konusunda daha ileri istatistiklere bakmak gerekir. Bu nedenle, ilgi değişkeni ile ilgili çalışmalarda yayın yanlılığını istatistiksel olarak test etmek için Rosenthal'ın koruma sayısı analizi yapılmıştır (Tablo 9).

Tablo 9.

İlgi değişkenine ait Rosenthal'ın Klasik Fail-Safe N analizi

N	Araştırmayı geçersiz kılmak için gerekli çalışma sayısı	z-değeri	p-değeri	Alfa değeri	Alfa için z-değeri
8	275	11.655	0.000	0.050	1.959

Tablo 9 incelendiğinde yapılan meta analiz çalışmasından elde edilen hata koruma sayısı (fail safe N) Rosenthal'ın yöntemine göre 275 olarak hesaplanmıştır. Bu değer esasen elde edilen $p=0,000$ anlamlılık değerinin; $p>0,05$ değerine yükseltilebilmesi yani anlamlılığın ortadan kaldırılabilmesi için etki büyüklüğü değeri "0" olan ve meta analize dahil edilmesi gereken çalışma sayısını ifade etmektedir. Bu bağlamda 8 çalışmanın verilerinden yapılan meta analiz çalışmasından elde edilen bulguların ve anlamlılığın geçersiz sayılabilmesi için 275 tane anlamlı olmayan çalışmanın meta analize dahil edilmesi gerekmektedir. Bu sayı yüksek bir sayı olduğundan gerçekleştirilen meta analiz çalışmasının güvenilir ve yayın yanlılığının düşük olduğu söylenebilir (Dinçer, 2021).

TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu meta analiz çalışmasında, fen eğitiminde STEM uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin akademik başarıları, STEM'e yönelik tutumları ve STEM mesleklerine yönelik ilgilerine olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, Türkiye'de 2010-2022 yılları arasında yayımlanmış olan 187 yüksek lisans tezi, 20 doktora tezi ve 109 makaleyle birlikte toplam 318 çalışmaya erişilmiştir. Ancak dahil edilme kriterlerine uyan yüksek lisans tezi, doktora tezi ve makale olmak üzere 74 çalışmadan elde edilen 86 etki büyüklüğü değeri araştırma kapsamına alınabilmiştir.

Çalışmada akademik başarı değişkeni, tutum ve ilgi değişkenleri hakkında olmak üzere üç farklı meta analiz yapılmış ve her analizde heterojenlik, genel etki büyüklükleri ve yayın yanlılığı değerlendirilmiştir. Heterojenlik analizlerinde; etki büyüklükleri dağılım grafikleri, Q-istatistiği ve I-kare değerleri yorumlanmıştır. STEM uygulamalarının bağımlı değişkenler üzerindeki genel etkileri ise, rastgele etkiler modeline göre hesaplanan Hedges g değerleri ve orman grafikleri ile değerlendirilmiştir. Meta analizlerdeki olası yayın yanlılığı değerlendirmeleri, yayın yanlılığına ilişkin huni grafikleri ve Rosenthal'ın koruma sayısı analizlerine göre gerçekleştirilmiştir.

STEM Uygulamalarının Akademik Başarı Üzerindeki Etkisi

Araştırma bulguları, STEM uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin akademik başarısı üzerinde güçlü bir genel etkiye ($g=1,330$) sahip olduğunu göstermiştir (Cohen vd., 2007). Bu bulgu, işlem etkisinin kontrol grubuna kıyasla deney grubu lehine olduğunu ve STEM eğitiminin çalışmalarda kullanılan diğer öğretim stratejilerine kıyasla daha fazla etkili olduğunu göstermektedir. STEM uygulamaları sırasında öğrencilerin aktif olmaları, çok sayıda deneme yapmaları ve tasarım ortaya koymalarının (Dedetürk, Kırmızıgül ve Kaya, 2020) yanında, STEM eğitiminin öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık, planlama ve değerlendirme gibi becerilerinin gelişmesini sağlamasından dolayı (Gündüz-Bahadır ve Özyay-Köse, 2021) böyle bir sonucun ortaya çıkmasına neden olduğu düşünülebilir.

Bu çalışmada, STEM uygulamalarının etkililiğini gösteren genel etki büyüklüğü değeri ($g=1.330$) alanyazındaki diğer meta analiz çalışmalarıyla tutarlıdır. Örneğin, Ademoğlu (2021) meta analiz çalışmasında, STEM eğitiminin geleneksel yöntemlere göre öğrencilerin akademik başarısı üzerindeki etkisini ve çalışmanın genel etki büyüklüğünü 1.010 olarak hesaplamıştır. Bu değer, (Cohen vd., 2007) sınıflandırmasına göre güçlü etki düzeyine karşılık gelmektedir. STEM yaklaşımının öğrencilerin akademik başarıları üzerindeki etkisini inceleyen diğer bir çalışmada, 31 yüksek lisans, 3 doktora olmak üzere toplam 34 çalışma araştırma kapsamına alınmış ve yapılan analiz sonucunda genel etki büyüklüğü 1.420 olarak bulunmuştur (Değerli ve Yapıcı, 2022). Ayverdi ve Öz-Aydın (2020) ise çalışmalarında, Türkiye'de ve yurtdışında yapılan STEM araştırmalarını karşılaştırarak, STEM eğitiminin akademik başarı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Türkiye'de yapılan çalışmalarda bireysel etki büyüklüklerinin orta ve geniş düzeyde olduğunu, yurtdışındaki çalışmalarda ise genellikle küçük ve geniş düzeyde olduğunu tespit etmişlerdir. Yakın zamandaki başka bir çalışmada, Thomas ve Larwin (2023), STEM eğitiminin ortaokul öğrencilerinin akademik başarıları üzerinde anlamlı bir etkisinin olduğunu belirlemişlerdir. Bu bulgular, araştırmamızla benzer şekilde, STEM uygulamalarının yayın türünden bağımsız olarak öğrencilerin fen başarısını önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Öte yandan yapılan bazı çalışmalarda, STEM eğitimi uygulamalarının öğrencilerin akademik başarılarını olumlu anlamda etkilediği sonucuna ulaşılsa da, bu

araştırmadan farklı olarak orta düzeyde bir etkiye sahip oldukları gösterilmiştir (Saraç, 2018; Yücelyiğit ve Toker, 2021). Sonuç olarak, bu çalışmalar araştırma bulgularımızla paralel olarak STEM eğitiminin öğrencilerin akademik başarısı üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Bu etkinin büyüklüğü, çalışmanın kapsamına ve yöntemine göre değişkenlik gösterse de, genel olarak STEM eğitiminin öğrencilerin akademik başarısını kontrol grubunda uygulanan yöntemlere göre önemli ölçüde artırabileceği söylenebilir.

Bu çalışmada ayrıca, yayın yanlılığının sonuçlar üzerindeki etkisini incelemek için çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir. Rosenthal'ın korumalı N'in yüksek değeri, sonuçların yayın yanlılığına karşı dayanıklı olduğunu gösterir (Rosenthal, 1979). Çalışmada, yayın yanlılığı ile ilgili gerçekleştirilen analizlerde, meta-analiz yöntemi ile birleştirilen 54 çalışmanın anlamlılık düzeyini ortadan kaldıracak 1729 çalışmaya ihtiyaç duyulduğu hesaplanmıştır. Bu sayıya ulaşmanın güç olması, analiz sonuçlarından elde edilen bulguların güvenilir olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, yayın yanlılığının bu meta-analizdeki sonuçlara ilişkin yorumu önemli ölçüde etkilemediği sonucu çıkarılabilir.

STEM Uygulamalarının STEM'e Yönelik Tutum Üzerindeki Etkisi

STEM tutum değişkenine ilişkin yapılan heterojenlik analizi sonucunda, genel etki büyüklükleri rastgele etkiler modeline göre hesaplanmıştır. Genel etki büyüklüğü değeri 0.177 standart hata ile $g=0.926$ bulunmuştur. Genel etki büyüklüğünün pozitif ve ortanın üzerinde bir değere sahip olması, bu etkinin, STEM yaklaşımı kullanılan deney gruplarının lehine olduğunu göstermektedir (Cohen vd., 2007). Ayrıca 5.231 olarak hesaplanan z değerinin istatistiksel olarak anlamlı ($p=0,000$) olması, gruplar arasında anlamlı bir farklılık olduğunu doğrulamaktadır. Diğer yandan, tutumların değişmeye karşı dirençli olması alanyazında yaygın olarak kabul gören bir görüştür (Fazio ve Petty, 2007). Buna karşın çalışmada öğrencilerin STEM'e yönelik tutumlarının, çok yüksek düzeyde olmasa da STEM uygulamalarından olumlu etkilenmesi, öğrencilerin uygulamalara aktif ve istekli katılmış olmalarıyla açıklanabilir. Ayrıca, bu meta analiz ile birleştirilen 24 çalışmanın anlamlılık düzeyini ortadan kaldıracak 1330 çalışmaya ihtiyaç duyulması ve bu sayıya ulaşmanın zor olması, çalışmada önemli bir yayın yanlılığının olmadığı veya yayın yanlılığının araştırmanın geçerliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı şeklinde yorumlanabilir (Rosenthal, 1979).

Alanyazında, STEM eğitiminin öğrencilerin STEM'e yönelik tutumları üzerindeki etkisine ilişkin çok sayıda bireysel çalışmaya rastlanılmıştır (Ball vd., 2017; Ching vd., 2019; Doğan, 2019; Graffin vd., 2022; İbrahim ve Şeker, 2022; İnanlı, 2020; Leonard vd., 2016). Bu çalışmalarda ulaşılan sonuçlar araştırma bulgumuzla genellikle paralellik içerisindedir. Ancak, STEM'e yönelik tutum konusunda yapılan meta analiz çalışmalarının çok sınırlı olduğu görülmüştür. Martynenko vd., (2023) farklı yaş gruplarında ve ülkelerdeki öğrencilerin STEM eğitime yönelik tutumlarını incelemişlerdir. Çalışma sonunda, üniversite öğrencilerinin STEM eğitime yönelik en olumlu tutumlara sahip olduğunu, ardından ortaokul ve ilkökul öğrencilerinin geldiğini tespit etmişlerdir. Yapılan bir sistematik taramada ise araştırmacılar, eğitim robotlarının öğrencilerinin hesaplamalı düşünme ve STEM tutumlarını ne ölçüde geliştirdiklerini incelemişler ve eğitim robotlarının öğrencilerin STEM tutumları üzerinde orta düzeyde bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Zhang vd., 2021). STEM'e yönelik tutum konusundaki bu meta analiz çalışmaları, araştırma bulgumuzla tutarlılık göstermektedir.

STEM Uygulamalarının STEM Mesleklerine Yönelik İlgi Üzerindeki Etkisi

STEM mesleklerine yönelik ilgi değişkenine ilişkin yapılan heterojenlik analizi sonucunda genel etki büyüklükleri rastgele etkiler modeline göre 0.290 standart hata ile $g=1.317$ bulunmuştur. Genel etki büyüklüğünün pozitif bir değere sahip olması, bu etkinin, STEM yaklaşımı kullanılan deney gruplarının lehine olduğunu göstermektedir. Ayrıca 4.545 olarak hesaplanan z değerinin istatistiksel olarak anlamlı ($p=0,000$) olması, gruplar arasında anlamlı bir farklılık olduğunu doğrulamaktadır. Buna göre, fen eğitiminde gerçekleştirilen STEM uygulamalarının, öğrencilerin STEM mesleklerine yönelik ilgileri üzerinde olumlu ve güçlü bir etkiye sahip olduğu söylenebilir (Cohen vd., 2007). STEM uygulamalarına katılan öğrencilerin, STEM mesleklerinin dünyadaki önemi ve dünyayı şekillendirmedeki rollerinin farkına varmaları, bu mesleklere yönelik güçlü ilgililerini açıklayabilir (Lee, Capraro ve Viruru, 2018). Öte yandan, bu meta analiz çalışması ile birleştirilen 8 çalışmanın anlamlılık düzeyini ortadan kaldıracak 275 çalışmaya ihtiyaç duyulması, çalışmada yayın yanlılığının araştırmanın geçerliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı şeklinde yorumlanabilir (Rosenthal, 1979).

STEM eğitiminin öğrencilerin STEM mesleklerine yönelik ilgileri üzerine yapılan sınırlı sayıdaki meta analiz veya sistematik derleme çalışmasında benzer sonuçlara ulaşılmıştır. Means vd., (2021), kapsamlı bir STEM lisesine gitmenin etkilerini araştırdıkları bir meta analiz çalışmasında, bu liseye giden

öğrencilerin bir veya daha fazla STEM kariyerine ilgi duyma olasılıklarının daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Irmak ve Kaptan (2023) ise, STEM eğitiminin öğrencilerin STEM alanlarına yönelik kariyer ilgisine etkisini araştırdıkları sistematik derleme çalışmasında, 2017-2021 yılları arasında 11-13 yaş grubundaki öğrencilerle yapılmış çok sınırlı sayıdaki çalışmaya ulaşmışlar ve bu çalışmaların çoğunda STEM eğitiminin öğrencilerin STEM alanlarına yönelik kariyer ilgisini oluşturmada önemli bir etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Diğer yandan, yapılan çok sayıdaki bireysel çalışmada (Christensen ve Knezek, 2017; Gülhan ve Şahin, 2016; Japashov vd., 2022; Karıcı, 2018; Mohr-Schroeder vd., 2014; Vennix vd., 2018), STEM eğitiminin öğrencilerin STEM mesleklerine ya da kariyerlerine yönelik ilgiyi pozitif yönde etkiledikleri tespit edilmiştir.

Elde edilen bu sonuçlara göre araştırmacılara ve uygulayıcılara aşağıdaki öneriler sunulabilir:

1. Meta analizde yer alan çalışmalar yayın türlerine göre incelendiğinde, özellikle makale sayılarının yeterli olmadığı belirlenmiştir. Fen eğitiminde STEM uygulamalarını konu alan araştırma makalesi çalışmalarına daha fazla ağırlık verilebilir.

2. Araştırmaya dahil edilen çalışmalar incelendiğinde, öğrencilerin STEM mesleklerine yönelik ilgilerini belirlemeye dönük yapılan tez ya da makale sayısının çok az olduğugörüldüğünden, bu yöndeki çalışmaların sayısı artırılabilir

3. Araştırmada, STEM uygulamalarıyla gerçekleştirilen fen eğitiminin ortaokul öğrencilerinin akademik başarıları üzerinde güçlü bir pozitif etkiye sahip olduğu belirlendiğinden, fen öğretmenlerinin derslerinde STEM uygulamalarını kullanmaları teşvik edilebilir.

4. Araştırmada, STEM uygulamalarının öğrencilerin STEM tutumlarına olan etkisinin ortanın üzerinde olduğu görüldüğünden, bunu daha da arttırmak için STEM uygulamaları çeşitlendirilebilir.

KAYNAKÇA

- Ademoğlu, E. (2021). *FeTeMM eğitiminin öğrencilerin fen bilimleri dersi başarısı üzerine etkililiği: Bir meta analiz çalışması*. (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi. (Tez No. 666163).
- Akdağ, F. T. ve Güneş, T. (2021). 7. Sınıflarda STEM uygulamaların akademik başarı ve bilimsel süreç becerileri üzerine etkisi. *Amasya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(2), 24-36.
- Arztmann, M., Hornstra, L., Jeuring, J. ve Kester, L. (2023). Effects of games in STEM education: A meta-analysis on the moderating role of student background characteristics. *Studies in Science Education*, 59(1), 109-145.
- Asunda, P. A. (2012). Standards for Technological literacy and STEM education delivery through career and technical education programs. *Journal of Technology Education*, 23(2), 44-60.
- Ayverdi, L. ve Öz-Aydın, S. (2020). FeTeMM eğitiminin akademik başarıya etkisini inceleyen çalışmaların meta-analizi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 14(2), 840-888.
- Badur, S. (2018). *Ortaokul öğrencilerinin fen, teknoloji, mühendislik ve matematik (FeTeMM) mesleklerine yönelik ilgilerinin incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi. (Tez No. 524438).
- Ball, C., Huang, K. T., cotton, S. R. ve Rikard, R. V. (2017). Pressurizing the STEM pipeline: An expectancy-value theory analysis of youths' STEM attitudes. *Journal of Science Education and Technology*, 26(4), 372-382.
- Bangert-Drowns, R. L. ve Rudner, L. M. (1991). Meta-analysis in educational research. *Practical Assessment, Research, and Evaluation*, 2(8), 221-235.
- Borenstein, M. (2009). Effect sizes for continuous data. *The handbook of research synthesis and meta-analysis* içinde (ss. 221-235). New York, NY, US: Russell Sage Foundation.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. ve Rothstein, H. R. (2011). *Introduction to meta-analysis*. John Wiley & Sons.
- Bybee, R. W. (2010). What is STEM education? *Science*, 329(5995), 996. doi:10.1126/science.1194998
- Chang, S. H., Yang, L. J., Chen, C. H., Shih, C. C., Shu, Y. ve Chen, Y. T. (2022). STEM education in academic achievement: A meta-analysis of its moderating effects. *Interactive Learning Environments*, 1-23.
- Chine, D. ve Larwin, K. (2022). The impact of STEM integration on student achievement using HLM: A case study. *Journal of Research in STEM Education*, 8(1), 1-23.
- Ching, Y. H., Yang, D., Wang, S., Baek, Y., Swanson, S. ve Chittoori, B. (2019). Elementary school student development of STEM attitudes and perceived learning in a STEM integrated robotics curriculum. *TechTrends*, 63(5), 590-601.

- Christensen, R. ve Knezek, G. (2017). Relationship of middle school student stem interest to career intent. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, 3(1), 1-13. doi:10.21891/jeseh.45721
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Cohen, J., Manion, L. ve Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. London: Routledge. doi:10.4324/9780203029053
- Crano, W. D. ve Prislin, R. (2008). *Attitudes and attitude change*. Psychology Press.
- Cromley, J. G., Chen, R. ve Lawrence, L. (2023). Meta-analysis of STEM learning using virtual reality: Benefits across the board. *Journal of Science Education and Technology*, 32(3), 355-364.
- Çalık, M. ve Sözbilir, M. (2014). İçerik analizinin parametreleri. *Eğitim ve Bilim*, 39(174), 33-38. doi:10.15390/EB.2014.3412
- Çorlu, S. (2014). FeTeMM eğitimi makale çağrı mektubu. *Turkish Journal of Education*, 3(1), 4-10. doi:10.19128/turje.181071
- Dedetürk, A. (2018). 6. Sınıf ses konusunda FeTeMM yaklaşımı ile öğretim etkinliklerinin geliştirilmesi, uygulanması ve başarıya etkisinin araştırılması. (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi. (Tez No. 506867).
- Dedetürk, A., Kirmizigül, A. S. ve Kaya, H. (2020). "Ses" konusunun STEM etkinlikleri ile öğretiminin başarıya etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 49, 134-161. doi:10.9779/pauefd.532331
- Değerli, M. ve Yapıcı, Ü. (2022). The effect of STEM approach In science education on academic success: A meta-analysis study. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 16(1), 17-48.
- Dieker, L., Grillo, K. ve R., ve N. (2012). The use of virtual and stimulated teaching and learning environments: Inviting gifted students into science, technology, engineering, and mathematics careers (STEM) through summer partnerships. *Gifted Education International*, 28(1), 96-106.
- Dinçer, S. (2021). *Eğitim bilimlerinde uygulamalı meta-analiz*. Ankara: Pegem Akademi.
- Doğan, İ. (2019). *STEM etkinliklerinin 7. Sınıf öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerine, fen ve stem tutumlarına ve elektrik enerjisi ünitesindeki başarılarına etkisi*. (Doktora tezi). Ulusal Tez Merkezi. (Tez No. 561644).
- Egger, M., Smith, G. D., Schneider, M. ve Minder, C. (1997). Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *Bmj*, 315(7109), 629-634. doi:10.1136/bmj.315.7109.629
- Ellis, P. D. (2010). *The essential guide to effect sizes: Statistical power, meta-analysis, and the interpretation of research results*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ercan, S. ve Şahin, F. (2015). Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: Tasarım temelli fen eğitiminin öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkisi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 9(1), 128-164. doi:10.17522/nefemed.67442
- Fazio, R. H. ve Petty, R. E. (2007). Attitudes: A new look at an old concept. A. W. Kruglanski ve E. T. Higgins (Ed.), *Social psychology: Handbook of basic principles* içinde (2nd bs., ss. 330-356). New York: Guilford Press.
- Gökbayrak, S. ve Karışan, D. (2017). Altıncı sınıf öğrencilerinin FeTeMM temelli etkinlikler hakkındaki görüşlerinin incelenmesi. *Alan Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 25-40.
- Graffin, M., Sheffield, R. ve Koul, R. (2022). More than Robots': Reviewing the impact of the FIRST® LEGO® League Challenge Robotics Competition on school students' STEM attitudes, learning, and twenty-first century skill development. *Journal for STEM Education Research*, 5(3), 322-343.
- Gülhan, F. ve Şahin, F. (2016). The effects of science-technology-engineering-math (STEM) integration on 5th grade students' perceptions and attitudes towards these areas. *Journal of Human Sciences*, 13(1), 602-620.
- Gündüz-Bahadır, E. B. ve Özyay-Köse, E. (2021). 6. Sınıf fen bilimleri dersinde stem uygulamalarının öğrencilerin stem'e yönelik algılarına ve tutumlarına etkisi. *Ihlara Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 81-97. doi:10.47479/ihead.826909
- Hedges, L. V. ve Olkin, I. (1985). *Statistical methods for meta-analysis*. Academic Press.
- Higgins, J. P., Thompson, S. G., Deeks, J. J. ve Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*, 327(7414), 557-560. doi:10.1136/bmj.327.7414.557
- Hom, E. J. ve Dobrijevic, D. (2022). What is STEM Education? 12 Kasım 2023 tarihinde <https://www.livescience.com/43296-what-is-stem-education.html> adresinden erişildi.

- Huedo-Medina, T. B., Sanchez-Meca, J., Marin-Martinez, F. ve Botella, J. (2006). Assessing heterogeneity in meta-analysis: Q statistic or I2 index? *Psychological Methods*, 11(2), 193-206. doi:10.1037/1082-989X.11.2.193
- Hunter, J. E. ve Schmidt, F. L. (1990). *Methods of meta-analysis: Correcting error and bias in research findings*. Sage Publications, Inc.
- Ibrahim, M. ve Şeker, H. (2022). Examination of the attitudes of grade 7 and 8 students towards STEM education in Turkey and Ghana. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 10(1), 107-126. doi:10.31129/LUMAT.10.1.1657
- İnançlı, E. (2020). *Ortaokul öğrencilerinin STEM'e yönelik tutumlarının çeşitli değişkenler açısından incelenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi. (Tez No. 640122).
- Irmak, Ş. ve Kaptan, F. (2023). The effect of STEM education on students' career interests: Systematic review. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences*, 56(1), 409-437.
- Izzah, S. N. ve Wiyanto, M. (2018). The effect of STEM education on the attitudes of secondary school students: A Meta-analysis. *International Conference on Science and Education and Technology 2018 (ISET 2018)* içinde (ss. 454-458). Atlantis Press. doi:10.2991/iset-18.2018.91
- Japashov, N., Naushabekov, Z., Ongarbayev, S., Postiglione, A. ve Balta, N. (2022). STEM career interest of Kazakhstani middle and high school students. *Education Sciences*, 12(6), 397.
- Jayarajah, K., Saat, R. M. ve Rauf, R. A. A. (2014). A review of science, technology, engineering & mathematics (STEM) education research from 1999–2013: A Malaysian perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 10(3), 155-163.
- Karaşah Çakıcı, Ş., Kol, Ö. ve Yaman, S. (2021). The effects of STEM education on students' academic achievement in science courses: A meta-analysis. *Journal of Theoretical Educational Science*, 14(2), 264-290.
- Karcı, M. (2018). *5. Sınıf elektrik ünitesinin öğretiminde kullanılan STEM etkinliklerine dayalı senaryo tabanlı öğrenme yaklaşımının öğrencilerin akademik başarı, STEM disiplinlerine dayalı meslek seçmeye olan ilgisi ve fen öğrenmeye yönelik motivasyonlarına olan etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi. (Tez No. 509021).
- Kelly, T. (2010). Staking the claim for the “T” in STEM. *Journal of Technology Studies*, 36(1), 2-11.
- Kurtuluş, M. A. (2019). *STEM etkinliklerinin öğrencilerin akademik başarılarına, problem çözme becerilerine, bilimsel yaratıcılıklarına, motivasyonlarına ve tutumlarına etkisi*. (Yüksek lisans tezi). Ulusal Tez Merkezi. (Tez No. 546488).
- Lacey, T. A. ve Wright, B. (2009). Employment outlook: 2008-18-occupational employment projections. *Monthly Labor Review*, 138, 82-123.
- Lee, Y., Capraro, M. M. ve Viruru, R. (2018). The factors motivating students' STEM career aspirations: Personal and societal contexts. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 26(5), 36-48.
- Leonard, J., Buss, A., Gamboa, R., Mitchell, M., Fashola, O. S., Hubert, T. ve Almughyirah, S. (2016). Using robotics and game design to enhance children's self-efficacy, STEM attitudes, and computational thinking skills. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 860-876.
- Lipsey, M. ve Wilson, D. (2001). *Practical meta-analysis*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc.
- Littell, J. H., Corcoran, J. ve Pillai, V. (2008). *Systematic reviews and meta-analysis*. Oxford University Press.
- Martynenko, O. O., Pashanova, O. V., Korzhuev, A. V., Prokopyev, A. I., Sokolova, N. L. ve Sokolova, E. G. (2023). Exploring attitudes towards STEM education: A global analysis of university, middle school, and elementary school perspectives. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(3), 2234.
- Means, B., Wang, H., Wei, X., Young, V. ve Iwatani, E. (2021). Impacts of attending an inclusive STEM high school: Meta-analytic estimates from five studies. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1-19.
- Merrill, C. ve Daugherty, J. (2010). STEM education and leadership: A mathematics and science partnership approach. *Journal of Technology Education*, 21(2), 21-34.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2017). *İlköğretim fen ve teknoloji dersi öğretim programı*. Ankara: Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı (TTKB).
- Mohr-Schroeder, M. J., Jackson, C., Miller, M., Walcott, B., Little, D. L., Speler, L., ... Schroeder, D. C. (2014). Developing Middle School Students' Interests in STEM via Summer Learning Experiences: See Blue STEM Camp. *School Science and Mathematics*, 114(6), 291-301.

- Murphy, T. P. ve Mancini-Samuels, G. J. (2012). Graduating STEM competent and confident teachers: The creation of a STEM certificate for elementary education majors. *Journal of College Science Teaching*, 42(2), 18-23.
- National Research Council [NRC]. (2011). *Successful K-12 STEM education: Identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics*. Washington D. C.: The National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington D. C.: The National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. Washington D. C.: The National Academies Press.
- Olivarez, N. (2012). *The Impact of a STEM program on academic achievement of eighth grade students in a south texas middle school*. Doctoral dissertation, Texas A&M University-Corpus Christi. <http://hdl.handle.net/1969.6/417> adresinden erişildi.
- Ozkan, F. ve Kettler, T. (2022). Effects of STEM education on the academic success and social-emotional development of gifted students. *Journal of Gifted Education and Creativity*, 9(2), 143-163.
- Özcan, Ş. (2008). *Eğitim yöneticisinin cinsiyet ve hizmet içi eğitim durumunun göreve etkisi: Bir meta analitik etki analizi*. (Doktora tezi). Ulusal Tez Merkezi. (Tez No. 221528).
- Raines, J. M. (2012). FirstSTEP: A Preliminary review of the effects of a summer bridge program on pre-college STEM majors. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 13(1), 22-29.
- Rosenthal, R. (1979). The file drawer problem and tolerance for null results. *Psychological Bulletin*, 86(3), 638-641. doi:10.1037/0033
- Sánchez-Meca, J., Rosa-Alcázar, A. I., Marín-Martínez, F. ve Gómez-Conesa, A. (2010). Psychological treatment of panic disorder with or without agoraphobia: A meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, 30(1), 37-50. doi:10.1016/j.cpr.2009.08.011
- Saraç, H. (2018). The effect of science, technology, engineering, and mathematics-STEM educational practices on students' learning outcomes: A meta-analysis study. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 17(2), 125-142.
- Schmidt, N. W. (2016). *Trends in K-12 science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education and student achievement: A meta-analysis*. (Doctor of Education). Stephen F. Austin State University ProQuest Dissertations Publishing. (ProQuest No. 10291101).
- Smith, D. L. ve Tyler-Wood, T. L. (2021). STEM academic achievement and perceptions of family support: A gender analysis. *Library Hi Tech*, 39(1), 205-219. doi:10.1108/LHT-07-2019-0147
- Şen, S. ve Yıldırım, H. İ. (2020). *CMA ile meta analiz uygulamaları*. Anı Yayıncılık.
- Taşdemir, F. (2022). Examination of the effect of STEM education on academic achievement: A Meta-analysis study. *Education Quarterly Reviews*, 5(2), 282-298.
- Thalheimer, W. ve Cook, S. (2002). How to calculate effect sizes from published research: A simplified methodology. *Work-Learning Research*. 12 Kasım 2023 tarihinde <http://www.work-learning.com/> adresinden erişildi.
- Thomas, D. R. ve Larwin, K. H. (2023). A meta-analytic investigation of the impact of middle school STEM education: Where are all the students of color? *International Journal of STEM Education*, 10(1), 1-25.
- Vennix, J., Brok, P. ve Taconis, R. (2018). Do outreach activities in secondary STEM education motivate students and improve their attitudes towards STEM? *International Journal of Science Education*, 40(11), 1263-1283.
- Wade-Shepherd, A. A. (2016). *The effect of middle school STEM curriculum on science and math achievement scores*. (Doctor of Education). Union University ProQuest Dissertations Publishing. (ProQuest No. 10307073).
- Wang, L. H., Chen, B., Hwang, G. J., Guan, J. Q. ve Wang, Y. Q. (2022). Effects of digital game-based STEM education on students' learning achievement: A meta-analysis. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1-13.
- Yüceliğiç, S. ve Toker, Z. (2021). A meta-analysis on STEM studies in early childhood education. *Turkish Journal of Education*, 10(1), 23-36.
- Zhang, Y., Luo, R., Zhu, Y. ve Yin, Y. (2021). Educational robots improve K-12 students' computational thinking and STEM attitudes: Systematic review. *Journal of Educational Computing Research*, 59(7), 1450-1481.