STEM EĞİTİMİ I

DÜNÜ, BUGÜNÜ, YARINI



Editör

Prof. Dr. Hasan ÖZCAN

Yayıncı: Global Academy Yayınevi

Kapak ve Tasarım: Global Academy Yayınevi

ISBN Numarası: 978-625-6276-47-5

DOI Numarası: https://dx.doi.org/10.59740/academy.93

Yayın Tarihi: 30.12.2025

Bu kitabın tüm yayın hakları Global Academy Yayınevi'ne aittir. Bu yayının hiçbir bölümü, Global Academy Yayınevi'nin yazılı izni olmaksızın; elektronik, mekanik, fotokopi, kayıt veya başka herhangi bir yöntemle çoğaltılamaz, depolanamaz, bir erişim sistemine aktarılamaz ya da iletilemez. Bu yayına ilişkin izinsiz herhangi bir işlem yapan kişiler hakkında cezai kovuşturma başlatılabilir ve maddi/manevi tazminat taleplerinde bulunulabilir.

Bu kitapta yayımlanan tüm bölümler çift kör hakemlik sürecinden geçirilmiştir.

© **Telif Hakkı**, Aralık 2025

Sertifika No: 64419

Adres: Konutkent Mahallesi 2955. Sk. No: 8/6 Çankaya / Ankara / TÜRKİYE

Kitapta yer alan bireysel bölümlerin entelektüel mülkiyet hakları ilgili yazarlara aittir.

E-posta: globalyayinlari@gmail.com

Web sitesi: https://www.globalacademy.com.tr/

Ön Söz

Yirmi birinci yüzyılda eğitim alanında gerçekleştirilen köklü dönüşüm hareketlerinden biri olarak değerlendirilen STEM eğitiminin, ülkelerin rekabetçi politikalarına eğitim perspektifinden önemli katkılar sağladığı ifade edilebilir. Doksanlı yılların ikinci yarısında Amerika Birleşik Devletleri'nde ortaya çıkan ve kısa sürede Avrupa ülkeleri ile Güney Kore, Japonya ve Çin gibi gelişmiş ekonomilerin dikkatini çeken STEM eğitimi, zamanla bu ülkelerin ve ülkemizin öğretim programlarında yerini almıştır.

STEM eğitimiyle hedeflenen kazanımlara, geleneksel olarak ayrı ayrı sunulan disiplinler yerine, öğrencilere bütüncül öğrenme deneyimleri sunan disiplinlerarası bir yaklaşım aracılığıyla ulaşılmaktadır. Bu süreç, hem öğrencinin hem de öğretmenin ilgi alanları ve öğrenme yaşantıları doğrultusunda şekillenmektedir.

Ülkemizde STEM eğitimiyle ilgili teorik açıdan çok sayıda kaynağın bulunmasına karşın, uygulamaya yönelik örneklerin görece sınırlı kaldığı görülmektedir. Elinizde bulunan bu kitap, STEM eğitiminin tarihsel gelişimi ve kavramsal çerçevesinin yanı sıra, geleceğe yönelik fırsat ve zorluklarını ele almakta; ayrıca farklı öğrenim düzeylerine yönelik uygulama örnekleri sunmaktadır. Bu yönüyle eser, Türkiye'de STEM eğitiminin yaygınlaştırılmasına ve nitelikli uygulamaların geliştirilmesine katkı sunmayı hedeflemektedir.

Bu eser, öğretmenler, öğretmen adayları, akademisyenler ve eğitim politikalarıyla ilgilenen araştırmacılar için STEM eğitimine ilişkin bütüncül bir başvuru kaynağı olmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada sunulan kuramsal ve uygulamaya dönük içeriklerin, okuyucular tarafından kendi eğitim bağlamlarında ele alınarak tartışılmasının ve zenginleştirilmesinin alana katkı sağlayacağı kanaatindeyim.

Bu doğrultuda on bölümden oluşan *STEM Eğitimi I: Dünü, Bugünü, Yarını* adlı eserin hazırlanma ve yayımlanma sürecinde büyük emekleri bulunan ve uyum içerisinde çalışma fırsatı bulduğumuz değerli yazarlara ve süreç boyunca önemli katkılar sunan Global Academy Yayıncılık ekibine içten teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmanın, STEM eğitiminin farklı boyutlarını ele alacak sonraki çalışmalara da zemin hazırlaması beklenmektedir.

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında bilgi, deneyim ve katkılarını esirgemeyen meslektaşlarıma ve ilgili kurumlara teşekkür ederim. Ayrıca, oğulları olmaktan her zaman gurur duyduğum sevgili annem ve babama; hayatımın her aşamasında olduğu gibi bu kitabın hazırlanma sürecinde de hoşgörü ve fedakârlıklarıyla yanımda olan sevgili eşim Prof. Dr. Sibel Özcan'a; kızım Duru'ya ve oğlum Fatih'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2025

Prof. Dr. Hasan ÖZCAN

Aksaray Üniversitesi

STEM Eğitimi I:
Dünü, Bugünü, Yarını

Editör
Prof. Dr. Hasan ÖZCAN

GLOBAL ACADEMY

İÇİNDEKİLER

Bölümler **Sayfa**

1.STEM EĞİTİMİNİN TARİHSEL GELİŞİMİ VE KAVRAMSAL ÇERÇEVESİ …….. 1
Ahmet YALKIN
Hasan UŞTU
2.STEM EĞİTİMİ VE GİRİŞİMCİLİK
…….. 44
Esra SİPAHİ DÖNGÜL
3.STEM EĞİTİMİ VE ÖĞRETİM PROGRAMLARI: KURAMSAL TEMELLER VE KÜRESEL EĞİTİM SİSTEMLERİNDEN ÖRNEKLER
…….. 81
Aylin GÜNGÖR
Hasan ÖZCAN
4.OKUL ÖNCESİ ÖĞRETMENLERİ İÇİN STEM EĞİTİMİ UYGULAMALARI ……... 123
Fatma Büşra AKSOY KUMRU
Seda USTA GEZER
Burçin ACAR ŞEŞEN
5.İLKOKUL ÖĞRETMENLERİ İÇİN STEM EĞİTİMİ UYGULAMALARI
…….. 160
Zehra TOPAL ALTINDİŞ
6.ORTAOKUL ÖĞRETMENLERİ İÇİN STEM EĞİTİMİ UYGULAMALARI …….. 202
Demet DENİZ YILMAZ
Burçin GÖKKURT ÖZDEMİR
Samet ERDEN
7.ORTAÖĞRETİM ÖĞRETMENLERİ İÇİN STEM EĞİTİMİ UYGULAMALARI……..... 258
Burçin ACAR ŞEŞEN
Seda USTA GEZER
Selime DELİKTAŞ
Okan SIBIÇ
8.STEAM EĞİTİMİ UYGULAMALARI
…….. 303
Canay PEKBAY

Bölümler **Sayfa**

9. STEM EĞİTİMİNİN TOPLUMSAL VE KÜLTÜREL BOYUTLARI
…….. 340
Fatma ALACA

10.STEM EĞİTİMİNİN GELECEĞİ: FIRSATLAR VE ZORLUKLAR
…….. 385
Özge CEYLAN
Melek İLHAN

STEM Eğitiminin Tarihsel Gelişimi ve Kavramsal Çerçevesi

Ahmet YALKIN Hasan UŞTU

Tarsus Üniversitesi, Milli Eğitim Bakanlığı

Öz

Yirmibirinci. yüzyılın hızla değişen dünyası, eğitim sistemlerinden yalnızca bilgi aktarımının ötesine geçerek öğrencilere; eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcılık ve işbirliği gibi becerileri kazandırmalarını talep etmektedir. Bu bağlamda STEM (Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) eğitimi, disiplinlerarası bir yaklaşımla 21. yüzyıl becerilerinin geliştirilmesinde kritik bir rol üstlenmektedir. Bu bölüm, STEM eğitiminin tarihsel gelişimini, teorik temellerini ve Türkiye'deki uygulamalarını kapsamlı bir şekilde inceleyerek alanyazına sistematik bir katkı sunmayı amaçlamaktadır. Bölümde, STEM eğitiminin 1957 Sputnik krizi ile başlayan tarihsel yolculuğu kronolojik olarak ele alınmış, kavramın NSF tarafından 2001-2004 döneminde resmen tanımlanmasından günümüzdeki STEAM ve STREAM gibi genişletilmiş versiyonlarına kadar olan evrimi detaylandırılmıştır. Teorik çerçeve olarak yapılandırmacılık, sosyal yapılandırmacılık, bağlamsal öğrenme ve proje tabanlı öğrenme gibi pedagojik yaklaşımlar incelenmiş; bu yaklaşımların STEM eğitimi ile nasıl bütünleştiği açıklanmıştır. Bölümde, alanyazın taraması yöntemi kullanılarak ulusal ve uluslararası politika belgeleri, akademik yayınlar ve uygulama örnekleri sistematik olarak analiz edilmiştir. Temel bulgular, STEM eğitiminin küresel düzeyde ekonomik rekabet gücü ve inovasyon kapasitesini artırmak için stratejik bir öncelik haline geldiğini

ISBN: 978-625-6276-47-5

göstermektedir. Türkiye özelinde ise 2016 STEM Eğitimi Raporu, 2018-2023 MEB Stratejik Planı ve 2023 Eğitim Vizyonu gibi politika belgelerinin STEM eğitimini merkeze aldığı, ancak uygulama düzeyinde öğretmen yeterlilikleri, kaynak yetersizliği ve müfredat entegrasyonu gibi zorlukların bulunduğu tespit edilmiştir. Bu çerçevede bölümün alanyazına temel katkısı, STEM eğitimini tarihsel, teorik ve uygulama boyutlarıyla bütünleşik bir çerçevede sunması ve özellikle Türkiye bağlamında politika uygulama arasındaki boşlukları ortaya koymasıdır.Eğitimcilere, politika yapıcılara ve araştırmacılara STEM eğitiminin çok boyutlu doğasını anlama ve etkili uygulama stratejileri geliştirme konusunda kapsamlı bir kaynak sunmaktadır. Ayrıca, 21. yüzyıl becerilerinin STEM eğitimi aracılığıyla nasıl kazandırılabileceğine dair somut öneriler ve gelecek araştırmalar için yol haritası sunmaktadır.

Giriş

21. yüzyılın şafağı, küresel ekonomiyi ve toplumsal yapıları temelden dönüştüren dijital bir devrimin başlangıcına tanıklık etmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki (BİT) üstel gelişim tarafından yönlendirilen bu transformasyon, bireylerin yaşam, çalışma ve öğrenme biçimlerini yeniden şekillendirirken, küresel rekabetin doğasını da değiştirmiştir (Binkley vd., 2012; Voogt & Roblin, 2012; Orçan Kaçan & Park, 2023). Artık toplumlar, çözümü tek bir akademik disiplinin sınırlarını aşan, karmaşık ve çok katmanlı problemlerle giderek daha sık yüzleşmektedir (Akgündüz vd., 2015a). Bu yeni konjonktür, sanayi devriminden kalma eğitim sistemlerini, bireylere yalnızca belirli bilgileri aktaran yapılar olmaktan çıkarıp, onları belirsiz bir geleceğe hazırlayan dinamik ekosistemlere dönüştürmeye zorlamaktadır (MEB, 2018). Dolayısıyla, bireylerden artık yalnızca belirli bir alanda uzmanlaşmaları değil, aynı zamanda bu uzmanlıklarını farklı disiplinlerle bütünleştirerek kullanabilmeleri; iş birlikli çalışabilme, analitik düşünebilme ve problemlere bilimsel muhakeme ile çözüm üretebilme gibi üst düzey yetkinliklere sahip olmaları beklenmektedir (Binkley vd., 2012; Türkiye Sanayicileri ve İş Adamları Derneği [TÜSİAD], 2014).

Bu yeni nesil yetkinlikleri tanımlamak ve eğitim sistemlerine entegre etmek amacıyla küresel ölçekte çeşitli çerçeveler geliştirilmiştir. Bunlardan en etkili olanı, 21. Yüzyıl Becerileri Ortaklığı (P21) tarafından geliştirilen ve becerileri üç ana kategori altında toplayan çerçevedir: 1) Genellikle "4C" olarak bilinen yaratıcılık, eleştirel düşünme, iletişim ve işbirliğini içeren Öğrenme ve Yenilik Becerileri; 2) Bilgi, medya ve BİT okuryazarlığını kapsayan Bilgi, Medya ve Teknoloji Becerileri;

ve 3) Esneklik, uyum, inisiyatif alma gibi yetkinlikleri tanımlayan Yaşam ve Kariyer Becerileri (Partnership for 21st Century Learning, 2015; MEB, 2023). Bu beceriler, küresel ölçekte eğitim, endüstri ve inovasyon söylemlerinin merkezine oturmuş ve bu yetkinliklere sahip bireyler yetiştirme hedefi, bir eğitim reformu hareketini tetiklemiştir (Gülhan & Şahin, 2016; Orçan Kaçan & Park, 2023).

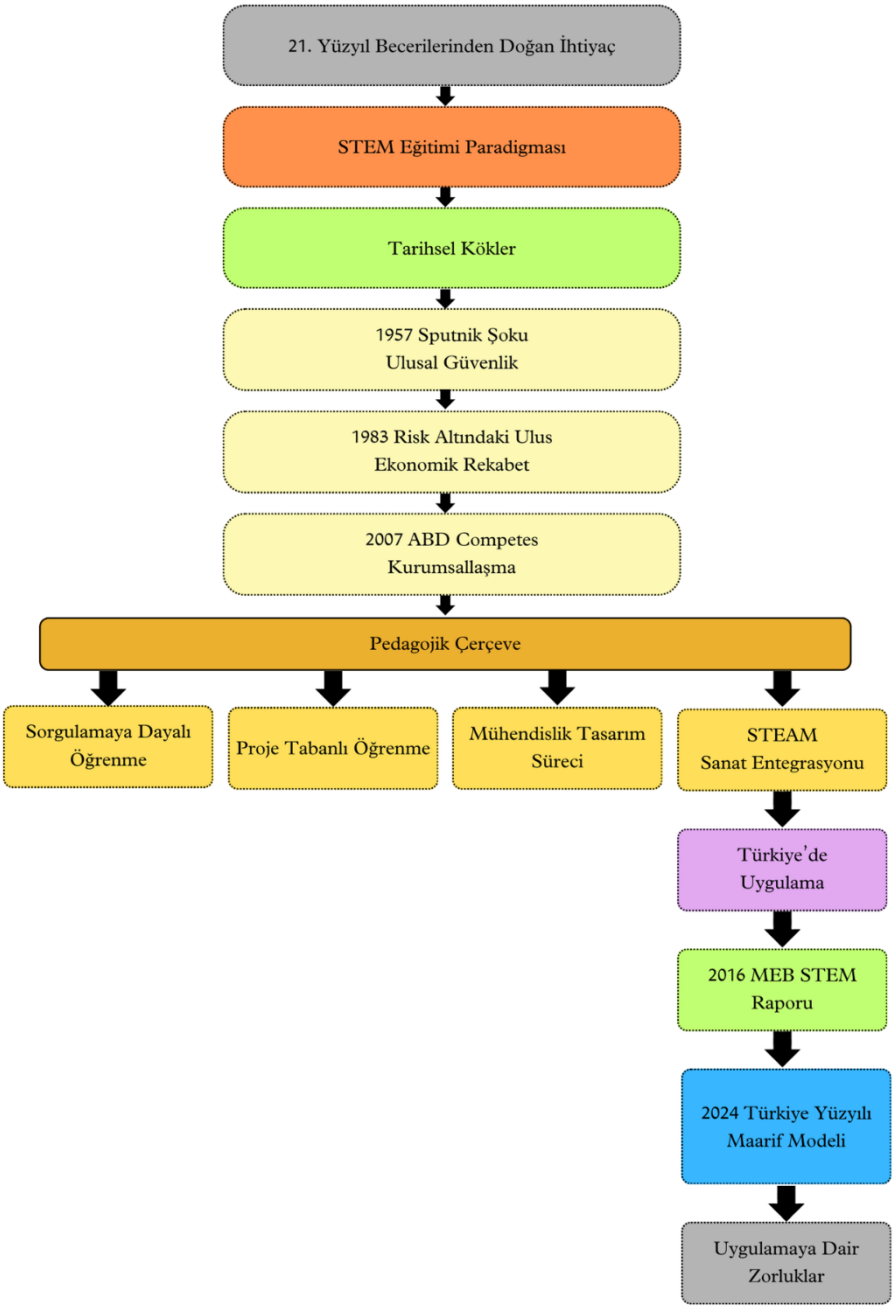
Bu dönüşüm ihtiyacına yanıt olarak ortaya çıkan en güncel ve kapsamlı yaklaşımlardan biri, Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) eğitimidir (Gülhan & Şahin, 2016). STEM, yalnızca dört disiplinin baş harflerinden oluşan bir kısaltma olmanın ötesinde, bu disiplinlerin bütünleşik ve uygulamalı kullanımını esas alan pedagojik bir felsefedir (Şahin, Ayar, & Adıgüzel, 2014). Geleneksel eğitim modellerinin bilgiyi ayrık parçalar halinde sunduğu bir ortamda STEM, öğrencilere içinde yaşadıkları entegre dünyayı anlamlandırma ve gerçek yaşam problemlerine disiplinlerarası çözümler üretme fırsatı sunar (Lederman & Niess, 1997).

Bu bölümün temel tezi, STEM paradigmasının doğasında yapısal bir gerilim barındırdığıdır. Bir yanda, ulusal güvenlik ve ekonomik rekabet gibi makro-politik krizlere hızlı ve ölçülebilir çözümler üretme amacıyla yukarıdan aşağıya doğru şekillenen politik bir proje bulunmaktadır (Powell, 2007; National Commission on Excellence in Education, 1983). Diğer yanda ise, bu hedeflere ulaşmak için benimsenen pedagojik felsefe, yani yapılandırmacılık ve proje tabanlı öğrenme, doğası gereği zaman, esneklik ve özerklik gerektiren, aşağıdan yukarıya doğru işleyen öğrenci merkezli bir yaklaşımdır (Blumenfeld vd., 1991; Caswell & LaBrie, 2017). Bu çalışma, STEM tarihini bu iki

karşıt güç arasındaki bir müzakere alanı olarak okumaktadır. Politika uygulama boşluğu (Voogt & Roblin, 2012) ve kapsayıcılık krizi gibi uygulama sorunlarının, yalnızca lojistik başarısızlıklar değil, paradigmanın politik ruhu ile pedagojik bedeni arasındaki bu içsel çelişkinin öngörülebilir sonuçları olduğu savunulmaktadır (Shernoff vd., 2017).

Bu bölümün amacı, Şekil 1'de sunulan kavramsal harita doğrultusunda, STEM yaklaşımının küresel bir eğitim politikası olarak tarihsel gelişimini, onu destekleyen pedagojik çerçeveyi ve Türkiye özelindeki uygulama dinamiklerini derinlemesine incelemektir.

Şekil 1, bu bölümün genel argüman akışını görselleştirmektedir. Diyagram, 21. yüzyıl becerileri ihtiyacından doğan STEM eğitimi paradigmasını; bu paradigmayı oluşturan tarihsel kökenler ve pedagojik çerçeveyi ve son olarak bu küresel çerçevenin Türkiye'deki uygulama dinamiklerini bütüncül bir akış içinde sunarak okuyucuya bir yol haritası sağlamaktadır.



Şekil 1. *Bölümünün kavramsal haritası*

Önem

Türkiye'de STEM eğitimi üzerine yapılan akademik çalışmaların sayısı son yıllarda önemli bir artış göstermiş olsa da (Yıldırım & Gelmez-Burakgazi, 2020), bu çalışmaların büyük bir kısmı, belirli STEM uygulamalarının öğrenciler üzerindeki etkilerini (örneğin tutum, akademik başarı, bilimsel yaratıcılık vb.) ölçmeye odaklanan nicel ve karma desenli araştırmalardan oluşmaktadır. Alanyazında, STEM paradigmasının sosyo-politik kökenlerinden başlayarak pedagojik evrimini ele alan ve bu süreci Türkiye'nin en güncel ve kapsamlı eğitim reformu olan 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM) bağlamında bütüncül bir şekilde analiz eden kapsamlı bir sentez çalışmasına duyulan ihtiyaç belirgindir. Bu kitap bölümü, tam olarak bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır.

Bu çalışmanın orijinal katkısı, STEM'i yalnızca bir öğretim yöntemi olarak ele almak yerine, onu tarihsel, politik, pedagojik ve ulusal politika bağlamlarını bir araya getiren çok katmanlı bir olgu olarak sunmasıdır. Diğer çalışmalardan farklı olarak bu bölüm, Sputnik krizinden (Powell, 2007) doğan güvenlik endişelerinden, "Risk Altındaki Ulus" (National Commission on Excellence in Education, 1983) raporuyla şekillenen ekonomik rekabet kaygılarına ve nihayetinde TYMM'nin (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2024c) örtük STEM çerçevesine uzanan tarihsel ve kavramsal bir soy kütüğü çıkarmaktadır. Bu yönüyle çalışma, politika yapıcılar için TYMM'nin arkasındaki küresel rasyoneli anlamlandırma ve uygulama süreçlerindeki zorlukları (Çetin & Açıkgül Fırat, 2022) tarihsel bir perspektifle değerlendirme imkânı sunması açısından önemlidir. Aynı zamanda, eğitimciler ve öğretmenler için yeni müfredatın talep ettiği pedagojik dönüşümün (örneğin mühendislik tasarım süreci) felsefi ve

teorik altyapısını anlamaları için bir başvuru kaynağı niteliği taşımaktadır. Son olarak, araştırmacılar için ise Türkiye'deki STEM çalışmalarını, "etki" araştırmalarından "sistemik uygulama ve politika" araştırmalarına doğru yönlendirecek bütüncül bir çerçeve ve gelecek çalışmalar için bir zemin sunarak alana katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Kriz söyleminden doğan bir paradigma: STEM'in tarihsel ve politik kökenleri

STEM eğitim paradigmasının kökenleri, içsel pedagojik bir evrimin sonucu olmaktan çok, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren belirginleşen sosyo-politik krizlere ve ulusal zorunluluklara bir yanıt olarak ortaya çıkan reaktif bir olgudur (Akgündüz vd., 2015a; Roberts, 2012). Tarihsel yörüngesi incelendiğinde, bu eğitim reformu hareketinin, ulusal güvenlik endişeleri (Powell, 2007), küresel ekonomik rekabet kaygıları (Mehta, 2015) ve teknolojik inovasyon anksiyetesi (TÜSİAD, 2014) gibi temel motivasyonlarla beslenen stratejik bir politik araç olarak şekillendiği ve evrildiği görülmektedir (Sanders, 2009; Maness & Holtzin, 2015).

Sputnik Şoku: Eğitimin Ulusal Güvenlik Meselesi Haline Gelmesi

Modern STEM eğitim reformu hareketinin fitilini ateşleyen katalizör olayın, 4 Ekim 1957'de Sovyetler Birliği'nin dünyanın ilk yapay uydusu olan Sputnik 1'i başarıyla yörüngeye fırlatması olduğu söylenebilir. Bu teknolojik başarı, Soğuk Savaş'ın jeopolitik gerilimlerinin zirvede olduğu bir dönemde, Amerika Birleşik Devletleri'nde derin bir teknolojik, askeri ve

psikolojik şok etkisi yaratmıştır (Wissehr, Concannon, & Barrow, 2011). Bu olay, ulusal bir aşağılanma ve teknolojik geri kalmışlık hissiyle birleşen kolektif bir anksiyete dalgasına yol açmıştır. Sputnik krizi, eğitim politikası tarihinde bir dönüm noktası teşkil etmiş; eğitimi, özellikle de fen ve matematik öğretimini, ilk kez bu denli açık bir şekilde ulusal güvenliğin ve savunma doktrininin vazgeçilmez bir unsuru olarak yeniden çerçevelemiştir (Powell, 2007). ABD'nin kendi uydusu Explorer 1'i ancak yaklaşık dört ay sonra uzaya gönderebilmesi, algılanan bu teknolojik açığı somutlaştırmış ve acil eylem ihtiyacını pekiştirmiştir (Eğilmez, 2015).

Bu algılanan krize yanıt olarak ABD federal hükümeti, daha önce görülmemiş bir ölçekte ve hızda eğitim alanına doğrudan müdahale etmiştir. 29 Temmuz 1958'de Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'nin (NASA) kurulması gibi stratejik adımlarla eş zamanlı olarak, K-12 eğitim müfredatı da köklü bir revizyondan geçirilmiş ve okullarda fen bilimlerine verilen ağırlık artırılmıştır (Eğilmez, 2015). Bu eğitim reformunu yasal ve finansal bir zemine oturtmak amacıyla 1958 yılında Ulusal Savunma Eğitim Yasası (National Defense Education Act-NDEA) çıkarılmıştır (Wissehr, Concannon, & Barrow, 2011). NDEA, federal hükümetin fen, matematik ve yabancı dil eğitimine yönelik büyük ölçekli fonlar sağlamasını öngörerek, ulusal savunma amacıyla yeni nesil bilim insanı ve mühendis yetiştirme hedefini bir devlet politikası haline getirmiştir (Branscome, 2012). Ancak bu süreç, eğitimin politik gündemlerin bir aracı haline gelmesinin doğasında var olan riskleri de beraberinde getirmiştir. Eğitim gibi temel bir alanın manşetlere taşınması, sürece yalnızca eğitimcilerin ve bilim insanlarının değil, "ciddi gündemleri ve politik gücü olan

başkalarının" da dahil olmasına yol açmıştır (Grotzer, 2007). Bu durum, eğitim reformlarının yasalaşmasını kolaylaştırsa da bu politikaların sınıflardaki pedagojik gerçekliğe dönüşmesini karmaşıklaştıran bir faktör olmuştur (Grotzer, 2007).

Risk Altındaki Ulus: Ekonomik Kaygıların Yükselişi

1980'li yıllara gelindiğinde, ABD'nin eğitim politikalarını şekillendiren ulusal kriz söyleminin odağı, Sovyetler Birliği ile olan askeri ve teknolojik rekabetten, başta Japonya ve Almanya olmak üzere yükselen endüstriyel güçlerle olan ekonomik rekabete doğru belirgin bir biçimde evrilmiştir (Fallace, 2017). Bu yeni ekonomik anksiyetenin eğitim alanındaki en somut ve etkili yansıması, 1983 yılında Eğitimde Mükemmellik Ulusal Komisyonu tarafından yayımlanan ve Amerikan eğitim tarihinde bir dönüm noktası olarak kabul edilen *"A Nation at Risk"* (Risk Altındaki Ulus) başlıklı rapordur (National Commission on Excellence in Education [NCEE], 1983).

Rapor, Amerikan eğitim sistemini "yükselen bir vasatlık dalgasının" tehdidi altında olmakla suçlamış (NCEE, 1983) ve bu durumu ülkenin ticaret, sanayi, bilim ve teknolojik inovasyon alanlarındaki "bir zamanların rakipsiz üstünlüğünün" küresel rakipler tarafından aşılmasıyla doğrudan ilişkilendirmiştir (Mehta, 2015). Rapor, öğrenci notlarındaki görünürdeki artışa rağmen, öğrencilerin gerçekte daha başarısız olduğunu iddia ederek eğitimdeki kalite sorununa dikkat çekmiştir (Berberoğlu & Kalender, 2005). Bu "vasatlık" durumu, Sputnik dönemindeki gibi bir ulusal güvenlik tehdidinden ziyade, ülkenin ekonomik geleceğini ve küresel pazardaki rekabet gücünü tehlikeye atan bir faktör olarak yeniden çerçevelenmiştir (Mehta, 2015).

Bu yeni çerçeve, eğitim reformu tartışmalarının odağını temelden değiştirmiştir. Rapor, okulları yoksulluk veya sosyal eşitsizlik gibi daha geniş toplumsal sorunların bir yansıması olarak görmek yerine, doğrudan akademik performanstan sorumlu tutmuş ve bu performansı ölçmek için standartlaştırılmış testlerin yaygınlaştırılmasını önermiştir (Mehta, 2015). Bu yaklaşım, sonraki on yıllarda ABD eğitim politikasını domine edecek olan standartlara dayalı reform, hesap verebilirlik ve test odaklı politikalar dalgasının entelektüel başlangıç noktası olmuştur (Berliner & Biddle, 1995). Nitekim bu eğilim, 2000'li yıllarda "Hiçbir Çocuk Geride Kalmasın" yasası gibi federal düzeydeki müdahaleci girişimlere de zemin hazırlamıştır (Akpınar & Öztürk, 2017). Ancak rapor, sorunların kaynağını yoksulluk, ırksal ayrımcılık ve sosyo-ekonomik eşitsizlik gibi sistemik faktörler yerine, idari bir bakış açısıyla "tembel öğrenciler ve sorumsuz öğretmenler" olarak çerçevelediği ve eğitim krizini "imal ettiği" gerekçesiyle ciddi eleştirilere de maruz kalmıştır (Berliner & Biddle, 1995).

STEM kavramının doğuşu ve kurumsallaşması

Bugün evrensel olarak kullanılan "STEM" kısaltmasının terminolojik kökeni, 1990'larda ABD Ulusal Bilim Vakfı (National Science Foundation- NSF) bünyesinde kullanılan "SMET" (Science, Mathematics, Engineering, and Technology) terimine dayanmaktadır (Sanders, 2009). Ancak bu terimin "STEM" olarak yeniden düzenlenmesi ve popülerleşmesi, 2001-2004 yılları arasında NSF'nin Eğitim ve İnsan Kaynakları Direktör Yardımcısı olarak görev yapan biyolog Dr. Judith A. Ramaley'e atfedilmektedir (Breiner vd., 2012; Ramaley, 2014). Ramaley'nin bu değişikliği yaparken belirttiği motivasyonun,

"SMET" kelimesinin fonetik olarak kulağa hoş gelmemesi olduğu rapor edilmiştir (Ramaley, 2014). Ancak bu görünüşte estetik tercih, aslında disiplinleri ayrı varlıklar olarak sıralayan bir listeden, onları bütünleşik bir müfredat altında birleştiren entegre bir eğitim felsefesine geçişin sembolik bir habercisi olarak yorumlanmaktadır (White, 2014).

NSF'nin rolü, bu yeni terimi benimsemenin çok ötesine geçmiştir. Kurum, yenilikçi öğretim yöntemlerini, disiplinler arası müfredat geliştirmeyi, öğrenme teknolojilerini ve öğretmen eğitimini destekleyen projelere sistematik olarak fon sağlayarak yaklaşımın kurumsallaşmasında ve yaygınlaşmasında merkezi bir rol oynamıştır (NSF, 2023). Özellikle, NSF'nin "katılımın genişletilmesi" (*broadening participation*) ve "eşitlikçi erişim" (*equitable access*) gibi stratejik öncelikleri, STEM eğitiminin sadece elit bir grup için değil, farklı sosyo-ekonomik ve demografik kökenlerden gelen tüm öğrenciler için bir hedef olarak konumlandırılmasında belirleyici olmuştur (NSF, 2022).

2000'li yıllar, STEM kavramının federal düzeyde kurumsallaştığı bir dönemdir. Bu dönüşümün zirvesini, 2007 yılında imzalanan "America Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education, and Science Act" (America COMPETES Yasası) temsil etmektedir (U.S. Congress, 2007). Bu yasa, STEM eğitimini ABD'nin ulusal inovasyon ve rekabetçilik stratejisinin merkezine yerleştirmiş (Bush, 2007), federal kurumlar aracılığıyla sağlanan fonları resmileştirmiş ve somut hedefler belirleyerek hareketi yapısal bir zemine oturtmuştur (Gordon, 2007). Yasa, temel araştırma fonlarının artırılması, "Math Now"

gibi programlarla öğretmenlerin mesleki gelişiminin desteklenmesi ve düşük gelirli öğrencilerin İleri Düzey Yerleştirme (AP) gibi programlara erişiminin artırılması gibi spesifik maddeler içermekteydi (Bush, 2007).

STEM'in Pedagojik Temelleri

Yapılandırmacı pedagojinin politik ekonomisi

STEM hareketinin politik ve ekonomik hedefleri yani inovasyon kapasitesini artırmak ve küresel rekabete uygun insan sermayesi yetiştirmek (TÜSİAD, 2014) geleneksel, didaktik öğretim yöntemleriyle gerçekleştirilemezdi. Kriz odaklı politikaların talep ettiği "yenilikçi" ve "problem çözücü" bireyler (Binkley vd., 2012), pasif bilgi alıcıları olarak değil, ancak bilgiyi aktif olarak inşa eden özneler olarak yetiştirilebilirdi. Tam da bu noktada yapılandırmacı pedagojiler, STEM paradigması için stratejik bir işlev görmüştür. Proje tabanlı (Blumenfeld vd., 1991) ve sorgulamaya dayalı öğrenme (Kirici & Bakirci, 2021) gibi yaklaşımlar, yalnızca pedagojik olarak ilerici oldukları için değil, aynı zamanda neoliberal eğitim politikalarının bireyleri kendi yaşamlarının "girişimcileri" olarak yeniden yapılandırma hedefiyle mükemmel bir uyum sergiledikleri için benimsenmiştir. Bu pedagojiler, öğrencileri standartlaştırılmış bilgiyi tekrar etmek yerine, karmaşık problemleri çözmeye, iş birliği yapmaya ve belirsizlik içinde yol almaya teşvik ederek, onları inovasyon ekonomisinin talep ettiği esnek ve uyarlanabilir iş gücüne dönüştürmenin bir aracı haline gelmiştir (Binkley vd., 2012). Dolayısıyla, STEM'in pedagojik temelleri, politik hedeflerinden ayrı bir alan olarak değil, bu hedeflere ulaşmayı sağlayan ideolojik ve pratik bir mekanizma olarak anlaşılmalıdır.

STEM eğitiminin tarihsel gelişimi, büyük ölçüde politik ve ekonomik krizlere reaktif bir yanıt olarak şekillenirken, kavramın kendisi de bu süreçte önemli bir entelektüel ve pedagojik evrim geçirmiştir (Roberts, 2012; Akgündüz vd., 2015a). Bu yaklaşımı geleneksel, disiplin temelli eğitimden ayıran, kendine özgü bir pedagojik mimari bulunmaktadır (Shernoff vd., 2017). Bu bölüm, STEM'in uygulanmasını sağlayan temel pedagojileri, bütünleştirici omurgasını ve bu felsefenin zamanla yaratıcılık ve sanatı da içerecek şekilde nasıl dönüştüğünü incelemektedir.

Temel pedagojiler: Sorgulama ve proje tabanlı öğrenme

STEM eğitiminin disiplinler arası ve uygulamalı doğası, öğrencilerin pasif bilgi alıcıları olduğu geleneksel, ezbere dayalı pedagojik sistemlerle taban tabana zıttır (Shernoff vd., 2017). Bu nedenle, STEM eğitiminin etkili bir şekilde uygulanması, Sorgulamaya Dayalı Öğrenme (Inquiry-Based Learning-IBL) ve Proje Tabanlı Öğrenme (Project-Based Learning-PBL) gibi öğrenci merkezli, yapılandırmacı pedagojilerin benimsenmesini zorunlu kılmaktadır (Akarsu & Elmas, 2020).

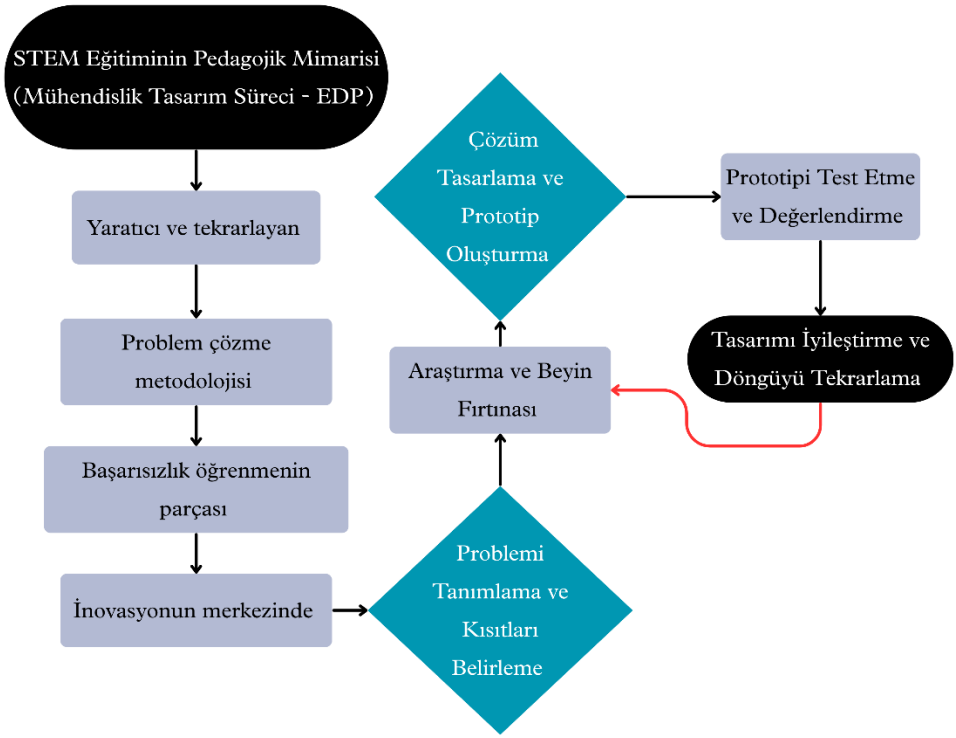
IBL, öğrenme sürecinin merkezine öğrenciyi yerleştirerek, onların kendi sorularını formüle etmelerini, problemleri keşfetmelerini ve kendi anlayışlarını aktif olarak inşa etmelerini teşvik eden bir yaklaşımdır (Caswell & LaBrie, 2017). Bu pedagoji, öğrencilere sadece bilimsel gerçekleri öğrenmek yerine, bir bilim insanı gibi düşünme ve çalışma pratiği kazandırır. Ampirik araştırmalar, IBL'nin eleştirel düşünme, problem çözme ve bilimsel yaratıcılık gibi üst düzey bilişsel becerileri önemli ölçüde geliştirdiğini ortaya koymaktadır (Lai, 2018; Kirici & Bakirci, 2021). Benzer şekilde PBL, öğrencilerin

bireysel olarak veya iş birliğine dayalı küçük gruplar halinde, otantik ve gerçek yaşam senaryolarından türetilmiş karmaşık problemlerin çözümüne odaklandığı bir öğrenme yaklaşımıdır (Blumenfeld vd., 1991). Bu yaklaşım, akademik kavramlar ile pratik uygulamalar arasındaki boşluğu doldurarak, öğrencilerin iş birliği, iletişim ve problem çözme gibi 21. yüzyıl becerilerini gerçek dünya bağlamları içinde geliştirmelerine olanak tanır (Maspul, 2024). Alan yazındaki çalışmalar, PBL'nin STEM öğrenme modeline entegre edildiğinde, öğrencilerin akademik başarılarını, öğrenilen bilgilerin kalıcılığını ve STEM alanlarına yönelik duyuşsal tutumlarını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir (Bekereci, 2022). Bununla birlikte, STEM yaklaşımı ile genel PBL uygulamaları arasında önemli bir nüans bulunmaktadır. Bazı PBL uygulamaları nihai ürüne daha fazla odaklanabilirken, STEM eğitimi genellikle Mühendislik Tasarım Süreci'ni bir çerçeve olarak kullanarak hem ürünün geliştirilme sürecine hem de ortaya çıkan somut ürüne eşit derecede önem atfeder (Akarsu & Elmas, 2020).

Mühendislik tasarım sürecinin merkezi rolü

STEM eğitiminin pedagojik mimarisinin belkemiğini ve teorik çerçevesini Mühendislik Tasarım Süreci (Engineering Design Process-EDP) oluşturmaktadır. Bu süreç, STEM'in "M"sini (Mühendislik) hayata geçiren, yapılandırılmış ancak esnek bir problem çözme metodolojisidir. MTS, öğrencileri belirli kısıtlamalar ve gereksinimler dahilinde bir probleme en uygun çözümü bulmaya yönlendiren yaratıcı ve tekrarlayan (iteratif) bir döngü olarak tanımlanır (Hynes, 2012). Bu süreç tipik olarak şu adımları içerir:

(1) Problemi tanımlama ve kısıtları belirleme;
(2) Olası çözümler için araştırma ve beyin fırtınası yapma;
(3) Bir çözüm tasarlama ve prototip oluşturma;
(4) Prototipi test etme ve performansı değerlendirme ve
(5) Elde edilen sonuçlara göre tasarımı iyileştirme ve döngüyü tekrarlama (Katehi, Pearson, & Feder, 2009).



Şekil 2. *Mühendislik Tasarım Süreci (EDP) ile STEM Eğitiminin Pedagojik Mimarisi*

Şekil 2, STEM eğitiminin temelini oluşturan Mühendislik Tasarım Süreci'nin (EDP) adımlarını ve pedagojik mimarisini göstermektedir. Süreç, problemi tanımlamadan başlayarak araştırma, tasarım, prototip oluşturma, test etme ve iyileştirme

aşamalarını içeren tekrarlayan (iteratif) bir döngü şeklindedir. Bu yaklaşım, öğrencilere yaratıcı problem çözme becerileri kazandırırken, başarısızlığın öğrenme sürecinin doğal ve yapıcı bir parçası olduğunu vurgular.

Bilimsel yöntemin temel amacının bir hipotezi test ederek bir soruya cevap aramak olmasının aksine, MTS'nin temel amacı bir zorluğun üstesinden gelmek ve somut bir ürün veya çözüm yaratmaktır (Moore vd., 2014). Bu yönüyle MTS, farklı STEM disiplinlerini bir araya getiren ve onlara anlamlı, uygulama odaklı bir bağlam kazandıran bütünleştirici bir omurga işlevi görür. Bu iteratif süreç, öğrencilere başarısızlığın öğrenme sürecinin kaçınılmaz ve yapıcı bir parçası olduğu ve tasarımlarını sürekli olarak iyileştirme felsefesinin inovasyonun merkezinde yer aldığı anlayışını kazandırır (Crismond & Adams, 2012). Bu felsefenin önemi, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli gibi güncel müfredat reformlarında da "mühendislik tasarım temelli öğrenme yaklaşımı" olarak benimsenerek, yaklaşımın merkezi rolünün teyit edilmesiyle de ortaya konulmuştur.

Felsefeden standarda: Yeni nesil bilim standartları (NGSS)

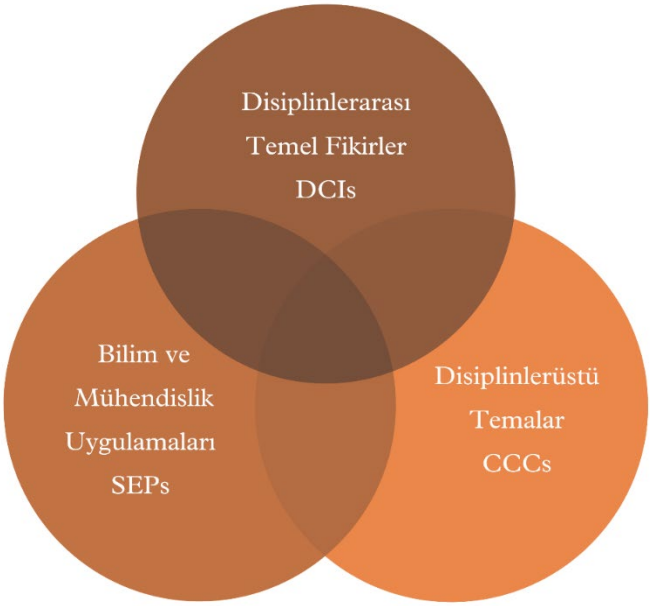
2013 yılında yayımlanan Yeni Nesil Bilim Standartları (Next Generation Science Standards- NGSS), entegre STEM felsefesinin ABD'deki en kapsamlı ve etkili müfredat reformu yansıması olarak kabul edilmektedir (NGSS Lead States, 2013). NGSS, "bilimi yaparak öğrenme" (learning science by doing) felsefesini somutlaştırarak, eğitim standartlarında temel bir paradigma kayması yaratmıştır (Pruitt, 2014). Bu reformun en devrimci yönü, odağı öğrencilerin ne bilmesi gerektiğinden (içerik odaklılık), bildikleriyle ne yapabildiklerine (performans

odaklılık) kaydıran üç boyutlu öğrenme modelidir (NGSS Lead States, 2013). Bu, geleneksel, ezbere dayalı standartlardan ("Öğrenciler hücrelerin tüm canlı organizmalarda benzer şekilde işlev gördüğünü bilirler") "bilgiyi kullanmaya" dayalı, üç boyutlu performans beklentilerine geçişi ifade eder ("Hücrenin bir bütün olarak işlevini ve hücrenin parçalarının bu işleve katkıda bulunma yollarını tanımlamak için bir model geliştirin ve kullanın") (NGSS Lead States, 2013).
NGSS'nin bu üç boyutu şunlardır:

1. Disiplinlerarası Temel Fikirler (Disciplinary Core Ideas-DCIs): Öğrencilerin her bir bilim dalında bilmesi gereken temel içerik ve kavramsal bilgiyi temsil eder (NGSS Lead States, 2013).

2. Bilim ve Mühendislik Uygulamaları (Science and Engineering Practices-SEPs): Bilim insanlarının ve mühendislerin doğayı araştırmak ve sistemler tasarlamak için kullandığı soru sorma, model geliştirme, veri analizi gibi temel pratikleri içerir (NGSS Lead States, 2013).

Disiplinlerüstü Temalar (Crosscutting Concepts-CCCs): Tüm bilim ve mühendislik disiplinlerini birbirine bağlayan desenler, neden-sonuç ilişkileri, sistemler ve sistem modelleri gibi temel CCCs temaları ve kavramsal lensleri ifade eder (NGSS Lead States, 2013).



Şekil 3. *NGSS'nin Üç Boyutu ve Temel Bileşenleri*

Şekil 3'te NGSS'nin temel inovasyonu gösterilmiştir. NGSS'nin bu üç boyutu her bir performans beklentisinde ayrılmaz bir şekilde bütünleşmektedir. Bu yapı, öğrencilerin sadece bilimsel gerçekleri ezberlemesini değil, bu bilgiyi gerçek dünya fenomenlerini açıklamak ve otantik problemleri çözmek için aktif bir şekilde uygulamasını hedefler (Bybee, 2014).

Yaratıcılığın entegrasyonu: STEAM'e evrim

STEM hareketinin en önemli kavramsal evrimlerinden biri, kısaltmaya "A" harfinin (Arts/Sanat) eklenmesiyle "STEAM"e dönüşmesidir. Bu dönüşüm, salt bir terminolojik değişiklikten ziyade, inovasyon ve öğrenci katılımına ilişkin pedagojik tartışmaların derinleştiğini göstermektedir. Bu hareketin

ABD'deki en önde gelen savunucularından biri, Rhode Island Tasarım Okulu'nun (RISD) eski başkanı John Maeda olmuştur (Maeda, 2013). STEAM paradigmasının temel argümanı, salt teknik ve analitik becerilerin 21. yüzyılın gerektirdiği çığır açıcı inovasyonlar için tek başına yetersiz kaldığıdır (Maeda, 2013). Bu yaklaşıma göre sanat ve tasarım, STEM'in sıklıkla göz ardı ettiği yaratıcılık, estetik duyarlılık, insan merkezli problem çözme ve eleştirel yapma (critical making) gibi hayati yetkinlikleri denkleme dahil etmektedir (Maeda, 2012).

Maeda'ya göre, tasarımcılar bilgiyi daha anlaşılır ve ürünleri daha arzu edilir kılarken; sanatçılar ise "insanlıkla ilgili derin sorular sorarak" teknolojik ve bilimsel ilerlemenin hangi yöne gitmesi gerektiği konusunda etik ve felsefi bir pusula görevi görürler (Maeda, 2012). Bu entegrasyonist bakış açısı, Temsilci Jim Langevin tarafından ABD Temsilciler Meclisi'ne sunulan bir karar tasarısı ve Ulusal Bilim Vakfı'nın (NSF) düzenlediği tematik atölye çalışmaları gibi girişimlerle politika düzeyinde de yankı bulmuştur (Langevin, 2011).

Ancak, "A" harfinin entegrasyonu her ülkede aynı stratejik rasyonelle gerçekleşmemiştir. ABD'de bu entegrasyon büyük ölçüde inovasyonu ve insan odaklı tasarımı teşvik etme amacı taşırken, Güney Kore gibi ülkelerde farklı bir amaca hizmet etmiştir. Güney Kore'de öğrenciler, uluslararası sınavlarda fen ve matematik alanlarında yüksek başarı göstermelerine rağmen, bu derslere karşı düşük ilgi ve özgüven sergilemekteydi (Kang, 2019). Bu nedenle Güney Kore, 2011'de ulusal bir politika olarak benimsediği STEAM modelinde sanatı (güzel sanatlar, dil sanatları, liberal sanatlar vb.) entegre ederek, öğrencilerin duyuşsal (affective) hedeflerine ulaşmayı, yani fen bilimlerine

yönelik ilgi ve motivasyonlarını artırmayı hedeflemiştir (Kang, 2019). Bu durum, STEAM'e geçişin tek bir formülü olmadığını, aksine yerel eğitim sistemlerinin spesifik sorunlarına çözüm üretmek üzere stratejik bir adaptasyon gerektirdiğini göstermektedir.

Türkiye'de STEM Eğitimi: vizyon, politika ve uygulama

Türkiye'de STEM eğitimine yönelik ulusal düzeydeki en belirleyici politika adımlarından biri, 2016 yılında MEB Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (YEĞİTEK) tarafından yayımlanan STEM Eğitimi Raporu'dur (MEB, 2016). Bu rapor, Türkiye'nin STEM konusundaki ulusal vizyonunu ve yol haritasını ortaya koyan temel bir belge niteliği taşımaktadır (Akgündüz vd., 2015a). Rapor, STEM eğitimini, öğrencilerin Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik disiplinlerini "bir bütünün parçaları" olarak görmelerini sağlayan disiplinler arası bir yaklaşım olarak tanımlamaktadır. Bu yaklaşımın nihai hedefi, "teorik bilginin uygulamaya, ürüne ve yenilikçi buluşlara dönüştürülmesi" olarak formüle edilmiştir. Bu hedef, yaklaşımın geçici bir pedagojik heves olmadığını, aksine Türkiye'nin 21. yüzyıldaki ekonomik ve teknolojik rekabet gücü için stratejik bir zorunluluk olduğunu vurgulamaktadır (MEB, 2016).

Rapor, bu vizyonu hayata geçirmek amacıyla Türkiye'de STEM eğitiminin sisteme entegrasyonu için beş temel stratejik adımdan oluşan çok boyutlu bir eylem planı önermektedir: 1) STEM Eğitimi Merkezlerinin Kurulması, 2) STEM Eğitimi Araştırmalarının Yapılması, 3) STEM Öğretmenlerinin Yetiştirilmesi, 4) Öğretim Programlarının Güncellenmesi ve 5) Gerekli Materyallerin Sağlanması (MEB, 2016). Raporun en

güçlü ve dikkat çekici yönlerinden biri, sahadaki öğretmenlerin bu değişime verdiği desteği ampirik verilerle ortaya koymasıdır. Rapor kapsamında yapılan ankete katılan öğretmenlerin %91'inden fazlasının "sorgulamaya dayalı STEM eğitimine geçilmesi" gerektiğini ve %93'ünden fazlasının bu geçiş için bir "stratejik plan hazırlanması" gerektiğini belirtmesi, tabandan gelen güçlü bir talebin varlığını göstermektedir (MEB, 2016). Bu veriler, politika yapıcılar için önemli bir meşruiyet zemini sunarken, aynı zamanda öğretmenlerin değişime açık ve istekli olduğunu teyit etmesi açısından da kritik bir önem taşımaktadır.

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (2024): örtük bir STEM eğitimi çerçevesi

2024 yılında uygulamaya konulan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM), 2016 MEB Raporu'nda ortaya konan vizyonun müfredat düzeyindeki en somut yansımasıdır. Model, kendisini "bütüncül gelişim" ve "beceri temelli" bir paradigma olarak tanımlarken (MEB, 2024c), "STEM" etiketini kullanmaktan bilinçli olarak kaçınan bir strateji izlemektedir. Bu stratejik terminolojik tercihin, reformu "yabancı" bir modelin ithali olarak algılanmasından ziyade, ulusal bir çerçeveye oturtarak daha geniş bir paydaş kitlesinin desteğini alma amacı taşıdığı yorumlanabilir. Ancak, yeni öğretim programlarının pedagojik mimarisi ve içerik yapısı incelendiğinde, entegre STEM felsefesinin temel direklerinin müfredatın DNA'sına işlendiği açıkça görülmektedir.

Bu örtük entegrasyonun en belirgin kanıtı, yeni Fen Bilimleri (3-8) öğretim programında bulunmaktadır. Program, temel yaklaşımının "bilimsel sorgulama ve mühendislik tasarım temelli öğrenme yaklaşımı" olduğunu açıkça belirtmektedir

(MEB, 2024a). Programın öğrenme çıktılarının "Bilim, teknoloji, mühendislik ve tasarım temelli" olarak becerileri bütünleştirecek şekilde tasarlandığı ifadesi, STEM kısaltmasının bileşenlerini neredeyse kelimesi kelimesine yansıtmakta ve bu modelin felsefesinin, isim kullanılmasa dahi, programın merkezine alındığını kanıtlamaktadır (MEB, 2024a).

Benzer şekilde, Ortaokul Matematik (5-8) öğretim programı, "disiplinler arası ilişkiler" kurulmasını teşvik etmekte ve başta "fen bilimleri" olmak üzere diğer disiplinlerle bağlantı kurarak öğrenmeyi daha anlamlı hale getirmeyi hedeflemektedir (MEB, 2024b). Bu yaklaşım, matematiği izole bir disiplin olmaktan çıkarıp, diğer bilim ve mühendislik alanlarının temel dili ve aracı olarak konumlandıran entegre STEM anlayışıyla doğrudan örtüşmektedir.

Son olarak, Bilişim Teknolojileri ve Yazılım (5-6) dersi öğretim programı, "problem çözme," "algoritmik düşünme" ve "ürün geliştirme" gibi yetkinliklere odaklanarak, öğrencileri "teknolojiyi yalnızca tüketen olmanın ötesine geçip küresel ölçekte teknolojik değerler üreten bireyler" olarak yetiştirmeyi amaçlamaktadır (MEB, 2025). Bu hedef, STEM'in Teknoloji (T) ve Mühendislik (E) boyutlarının temelini oluşturan inovasyon ve üretim becerilerini doğrudan müfredata dahil etmektedir. Bu durum, TYMM'nin farklı dersler üzerinden STEM yetkinliklerini sistematik ve bütüncül bir yaklaşımla inşa etme stratejisini açıkça ortaya koymaktadır.

Örtük stratejinin riskleri ve kazanımları

TYMM'nin "STEM" etiketinden bilinçli olarak kaçınması, eğitim politikası transferi ve adaptasyonu açısından kritik bir stratejik tercihtir. Küresel eğitim politikalarının yerel bağlamlara uyarlanması süreci olan "politika ödünç alma" (policy borrowing), genellikle kültürel uyumsuzlukları ve yerel önceliklerin göz ardı edilmesi riskini taşır (Voogt & Roblin, 2012). Bu açıdan bakıldığında, TYMM'nin "örtük" yaklaşımının en büyük potansiyel kazanımı, reformu "yabancı bir ithalata" yönelik olası siyasi ve toplumsal direnişten koruyarak ona ulusal bir kimlik kazandırmasıdır.

Ancak bu stratejinin önemli riskleri de bulunmaktadır. Birincisi, seyrelme riskidir: Açık bir "STEM" başlığı ve çerçevesi olmadan, yaklaşımın temel direği olan bütünleştirme ilkesinin uygulama düzeyinde kaybolma tehlikesi vardır. Öğretmenler, yeni terminolojiyi kullanırken fen, matematik ve teknoloji derslerini geleneksel silolarında öğretmeye devam edebilirler (Shernoff vd., 2017; Lederman & Niess, 1997). İkincisi, sistemik uyumsuzluk riskidir: Açıkça adlandırılmayan bütünleşik bir çerçeve için öğretmen yetiştirme programları, ders materyalleri ve ölçme-değerlendirme sistemleri nasıl tasarlanacaktır? "Örtük" bir felsefe, sistemik olarak desteklenmesi (öğretmen eğitimi, kaynak tahsisi, değerlendirme) pratik olarak zorlaşan bir hedefe dönüşebilir (Çetin & Açıkgül Fırat, 2022). Dolayısıyla, TYMM'nin başarısı, bu örtük felsefenin sahadaki öğretmenler için ne kadar açık ve uygulanabilir hale getirilebildiğine bağlı olacaktır.

Politikadan sınıfa: STEM'in uygulama zorlukları

STEM eğitiminin bütünleşik ve öğrenci merkezli idealleri, okulların geleneksel, disiplin temelli yapısıyla karşılaştığında, politika ile uygulama arasında önemli bir boşluk ortaya çıkmaktadır. Alan yazındaki ampirik bulgular, bu zorlukların münferit öğretmen yetersizliklerinden ziyade, sistemik engellerden kaynaklandığını tutarlı bir şekilde göstermektedir. Öğretmenler tarafından en sık rapor edilen engeller arasında, proje tabanlı etkinlikler için ders sürelerinin yetersiz kalması, müfredatın aşırı içerik odaklı olması ve okullardaki materyal eksikliği gibi yapısal kısıtlılıklar bulunmaktadır (Çetin & Açıkgül Fırat, 2022).

Bu yapısal sorunların ötesinde, öğretmen yeterlilikleri kritik bir diğer engel olarak öne çıkmaktadır. Geleneksel öğretmen yetiştirme programları, çoğunlukla tek bir disiplinde uzmanlaşmaya odaklandığından, öğretmenler farklı disiplinleri anlamlı bir şekilde bütünleştiren dersler tasarlamada ve özellikle mühendislik disiplinini entegre etmede önemli zorluklar yaşamaktadır (Shernoff vd., 2017; Çetin & Açıkgül Fırat, 2022). Bu bağlamda düzenlenen hizmet içi STEM eğitimlerinin, öğretmenlerin öz-yeterlik algılarını ve pedagojik yaklaşımlarını olumlu yönde etkilediğine dair kanıtlar bulunsa da (Çetin & Açıkgül Fırat, 2022), bu eğitimler tek başına sistemik engelleri aşmak için yeterli olmamaktadır.

Son olarak, değerlendirme sistemlerindeki uyumsuzluk, reformun önündeki en temel bariyerlerden birini oluşturmaktadır. 2016 MEB Raporu'nun da altını çizdiği gibi, mevcut ölçme değerlendirme araçları ve merkezi sınav sistemleri, öğrencilerin sorgulama, araştırma yapma, problem

çözme ve ürün geliştirme gibi üst düzey becerilerini sağlıklı bir şekilde değerlendirme de yetersiz kalmaktadır (MEB, 2016). Bu durum, beceri odaklı bir müfredat hedefi ile sonuç odaklı bir değerlendirme sistemi arasında bir gerilim yaratarak, öğretmenleri yenilikçi pedagojileri uygulamaktan alıkoyabilmektedir.

Kapsayıcılık krizi: erişim ve toplumsal cinsiyet eşitsizliği

STEM alanlarındaki toplumsal cinsiyet eşitsizliği, sistemin tesadüfi bir hatası değil, paradigmanın sosyo-politik kökenlerinin doğrudan ve öngörülebilir bir mirasıdır. STEM hareketini ateşleyen Sputnik krizi, Soğuk Savaş'ın askeri endüstriyel bağlamında şekillenmiş (Powell, 2007; Wissehr, Concannon, & Barrow, 2011) ve "bilim insanları ile mühendisler" için yapılan ilk çağrılar, örtük olarak erkek bilim insanları ve mühendisler için yapılmış bir çağrı olmuştur. Teknik bilginin sanayi, ağır işçilik ve ordu ile olan tarihsel bağları, mühendisliği en başından itibaren eril bir alan olarak kodlamıştır (Akbaş & Güngör, 2022). Bu alanlar, kadınların ya dışlandığı ya da "doğal olarak" uygun görülmediği, eril bir yetkinlik ve rasyonellik anlayışı üzerine inşa edilmiştir (Cvencek vd., 2011). Dolayısıyla, bugün "sızdıran boru hattı" (leaky pipeline) olarak adlandırılan olgu, belirli bir arketip (beyaz, erkek, orta sınıf) göz önünde bulundurularak tasarlanmış bir sistemin bir arızası değil, bir özelliğidir. Bu tarihsel ve kültürel DNA, günümüzde stereotipler (Cvencek vd., 2011), rol model eksikliği (Mau vd., 2020) ve kurumsal pratikler aracılığıyla kendini yeniden üretmekte ve kadınların bu alanlara katılımının önünde yapısal bir engel teşkil etmeye devam etmektedir (Uçan & Yüksel, 2020).

STEM alanları, sundukları fırsatlara rağmen, tarihsel olarak toplumsal eşitsizliklerin, özellikle de toplumsal cinsiyet eşitsizliğinin belirgin bir şekilde yeniden üretildiği ve sürdürüldüğü alanlar olmuştur (Akbaş & Güngör, 2022). Kadınların bu alanlardaki yetersiz temsili, yalnızca bir eşitlik sorunu değil, aynı zamanda geleceğin ekonomisini ve mesleklerini şekillendirecek olan inovasyon potansiyelinin yarısından feragat edilmesi anlamına gelmektedir (Uçan & Yüksel, 2020). Bu eşitsizliğin kökenleri, erken çocukluk dönemine kadar uzanan çok katmanlı ve karmaşık sosyo-kültürel faktörlere dayanmaktadır.

Stereotipler ve Önyargılar: "Erkeklerin matematikte ve bilimde daha iyi olduğu" gibi yaygın toplumsal stereotipler, henüz ilkokul ikinci sınıf gibi erken bir dönemde dahi çocuklar tarafından içselleştirilmektedir (Cvencek vd., 2011). Bu önyargılar, ebeveynlerin oyuncak seçimlerinden (Boe & Woods, 2018; Blakemore & Centers, 2005) ders kitaplarındaki kadın temsilinin eksikliğine (UNESCO, 2023) kadar sosyalleşmenin birçok alanında kendini göstermektedir. Bu durum, kız çocuklarının bu alanlardaki yeteneklerine olan inançlarını (öz-yeterlik) ve ilgilerini erken yaşlardan itibaren olumsuz etkilemektedir (Cvencek vd., 2011).

Rol Model Eksikliği: Kız öğrencilerin çevrelerinde ve medyada yeterli sayıda başarılı kadın bilim insanı, mühendis veya teknoloji lideri görmemesi, bu kariyer yollarını kendileri için ulaşılabilir ve arzu edilir olarak algılamalarını engellemektedir (Mau vd., 2020). Yapılan araştırmalar, kadın rol modellerle gerçekleştirilen müdahalelerin, kızların STEM alanlarına

yönelimini ve bu alanlardaki kalıcılığını anlamlı ölçüde artırdığına dair güçlü kanıtlar sunmaktadır (Breda vd., 2020).

Aile ve Öğretmen Etkisi: Ailelerin ve öğretmenlerin bilinçli veya bilinçdışı önyargıları, erkek çocukları STEM ile ilgili aktivitelere daha fazla teşvik ederken kız çocuklarını farklı alanlara yönlendirmelerine neden olabilmektedir (Bhanot & Jovanovic, 2009). Hatta bazen iyi niyetli olarak sunulan destek bile, kızların başarılarını "doğuştan gelen yetenekten" ziyade "çok çalışmaya" atfetmek gibi örtük mesajlar içererek, bu alanların kendileri için doğal olmadığı algısını pekiştirebilmektedir (Thoman vd., 2017).

Bu faktörlerin birleşimi, kızların STEM alanlarına karşı olumsuz tutumlar geliştirmesine, bu alanlara aidiyet hissetmemesine ve sonuç olarak bu alanları bir kariyer yolu olarak daha az tercih etmesine yol açmaktadır (Uçan & Yüksel, 2020).

Tartışma ve Öneriler

Bu bölümde yapılan analizler, STEM eğitiminin, saf pedagojik bir arayıştan ziyade, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren ulusal güvenlik (Powell, 2007) ve ekonomik rekabet (National Commission on Excellence in Education, 1983) gibi sosyo politik krizlere bir yanıt olarak ortaya çıkan reaktif bir paradigma olduğunu ortaya koymuştur. Sputnik şokuyla (Wissehr, Concannon, & Barrow, 2011) başlayan ve "Risk Altındaki Ulus" raporuyla (Mehta, 2015) ekonomik bir aciliyet kazanan bu tarihsel ve politik itici güç, zamanla dört disiplinin bir araya gelmesinden çok daha fazlasını ifade eden sofistike bir pedagojik mimariye evrilmiştir. Bu mimarinin temelini; sorgulamaya dayalı öğrenme (Caswell & LaBrie, 2017), proje tabanlı öğrenme (Blumenfeld vd., 1991) ve bu disiplinleri

bütünleştiren pedagojik bir omurga olarak Mühendislik Tasarım Süreci (Katehi, Pearson, & Feder, 2009) oluşturmaktadır.

Türkiye'nin bu küresel eğilime adaptasyonu, 2016 MEB Raporu ile ulusal bir vizyon belgesine kavuşmuş (MEB, 2016) ve 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM) ile "STEM" etiketi kullanılmadan, temel derslerin müfredat yapısına derinlemesine ve örtük bir şekilde entegre edilmiştir (MEB, 2024a; 2024c). Bu durum, Türkiye'nin eğitim politikası açısından vizyon ve felsefe düzeyinde doğru bir yolda olduğunu göstermekle birlikte, reformun asıl başarısının, bu ileri görüşlü kavramsal çerçevenin, sahadaki uygulama gerçekliğiyle buluşturulmasına, yani politika ile uygulama arasındaki boşluğun kapatılmasına bağlı olduğu açıktır (Voogt & Roblin, 2012).

Alanyazındaki çalışmalar, bu boşluğun temelinde yatan sistemik engelleri tutarlı bir şekilde ortaya koymaktadır. Öğretmenlerin, tek bir disiplinde uzmanlaşmaya dayalı eğitim geçmişleri nedeniyle disiplinlerarası ders tasarlamada zorlanmaları (Shernoff vd., 2017), müfredat yoğunluğu ve zaman kısıtlılığı gibi yapısal sorunlar (Çetin & Açıkgül Fırat, 2022) ve mevcut ölçme değerlendirme sistemlerinin 21. yüzyıl becerilerini ölçmedeki yetersizliği (Berliner & Biddle, 1995), bu engellerin başında gelmektedir. Bununla birlikte, STEM alanlarının tarihsel olarak toplumsal cinsiyet eşitsizliklerini yeniden üreten yapısı (Akbaş & Güngör, 2022), Türkiye'nin yetenek havuzunun tamamından yararlanmasının önündeki en kritik zorluklardan biridir. Stereotipler (Cvencek vd., 2011), rol model eksikliği (Mau vd., 2020) ve sosyal çevrenin

yönlendirmeleri (Bhanot & Jovanovic, 2009), kız çocuklarının bu alanlara katılımını erken yaşlardan itibaren olumsuz etkilemektedir.

Paydaşlara Yönelik Stratejik Öneriler

Kurumlara Yönelik Öneriler (MEB, YÖK, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, TÜBİTAK)

• Politikadan Pedagojiye Tutarlılık Sağlanması: Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin beceri odaklı felsefesinin hayata geçebilmesi için, merkezi sınavların (LGS, YKS) içeriği ve formatı, problem çözme ve eleştirel düşünme gibi üst düzey becerileri ölçecek şekilde yeniden tasarlanmalıdır. Müfredatın ilerici hedefleri ile değerlendirme sisteminin geleneksel yapısı arasındaki tutarsızlık giderilmelidir.

• Öğretmen Yetiştirme Sisteminin Yeniden Yapılandırılması: Yükseköğretim Kurulu (YÖK) ve MEB) iş birliğinde, eğitim fakültelerinin müfredatları, disiplinlerarası ders tasarımı ve uygulamasına olanak tanıyacak şekilde güncellenmelidir. Eğitim fakülteleri ile mühendislik ve temel bilimler fakülteleri arasında ortak dersler ve projeler teşvik edilmelidir.

• Çok Paydaşlı Ulusal Yönetişim Modeli Oluşturulması: STEM eğitiminin başarısı, sadece MEB'in bir görevi olarak görülemez. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, üniversiteler, endüstri temsilcileri ve sivil toplum kuruluşlarının da aktif katılımıyla oluşturulacak çok paydaşlı bir ulusal uygulama stratejisi geliştirilmelidir. Bu yapı, eğitim politikaları (arz) ile iş gücü piyasasının ihtiyaçlarını (talep) senkronize etmeli ve kaynakların etkin kullanımını sağlamalıdır.

Öğretmenlere ve Okul Yöneticilerine Yönelik Öneriler

• Profesyonel Öğrenme Topluluklarının Kurulması: Tek seferlik hizmet içi eğitimler yerine, öğretmenlerin kendi okullarında iş birliği içinde çalıştığı, sürekli ve uygulama odaklı profesyonel öğrenme toplulukları teşvik edilmelidir. Bu topluluklar, TYMM felsefesine uygun disiplinlerarası ders planları tasarlama, uygulama ve iyi örnekleri paylaşma konusunda bir platform sunmalıdır.

• Pedagojik Rol Değişiminin Benimsenmesi: Öğretmenler, bilgiyi aktaran geleneksel rollerinden sıyrılarak, öğrenme sürecini kolaylaştıran bir rehber rolünü benimsemelidir. Özellikle Mühendislik Tasarım Süreci'nin, basit ve ulaşılabilir materyallerle dahi olsa, derslere entegre edilmesi için cesaretlendirilmelidirler.

• Kapsayıcı Sınıf Ortamlarının Yaratılması: Öğretmenler, toplumsal cinsiyet stereotipleriyle aktif olarak mücadele etmelidir. Ders materyallerinde ve sınıf içi örneklerde, özellikle kadın bilim insanları ve mühendisler gibi çeşitli rol modellere yer vererek, tüm öğrencilerin STEM alanlarına aidiyet hissetmesi sağlanmalıdır.

Akademisyenlere ve Araştırmacılara Yönelik Öneriler

• Araştırma Gündeminin Genişletilmesi: Türkiye'deki STEM araştırmaları, belirli uygulamaların "etkisini" ölçen çalışmalardan, daha geniş kapsamlı ve sistemik konulara yönelmelidir. TYMM'nin uygulanma süreçlerini, karşılaşılan zorlukları ve başarı faktörlerini analiz eden boylamsal ve nitel araştırmalara acil ihtiyaç vardır.

• Politika Uygulama Açığına Odaklanılması: Akademisyenler, öğretmen yeterlilikleri, müfredat yoğunluğu, materyal eksikliği ve değerlendirme sistemleri gibi sistemik engelleri derinlemesine inceleyen ve bu konularda politika yapıcılara kanıta dayalı çözüm önerileri sunan araştırmalar yürütmelidir.
• Müfredat Geliştirme ve İş Birliği: Üniversiteler, MEB ve sahadaki öğretmenlerle iş birliği yaparak, TYMM'nin felsefesine uygun, yerel bağlama duyarlı, yüksek kaliteli ve test edilmiş disiplinlerarası ders materyalleri ve modülleri geliştirmelidir.

Sonuç

Bu bölüm boyunca incelenen tarihsel gelişim ve kavramsal çerçeve, STEM eğitiminin Türkiye için geçici bir moda değil, 21. yüzyılın gerektirdiği nitelikli, yenilikçi ve üretken insan gücünü yetiştirmek için stratejik bir zorunluluk olduğunu göstermektedir. Bu yaklaşım, politik zorunluluklardan doğmuş, zamanla pedagojik bir derinlik kazanmış ve nihayetinde ulusal eğitim sistemlerinin geleceğini şekillendiren temel bir paradigmaya dönüşmüştür. Türkiye'nin 2024 Maarif Modeli ile bu paradigmaya felsefi düzeyde yaptığı cesur ve isabetli yatırım, ülkenin eğitim tarihinde önemli bir dönüm noktasıdır. Bu model, kâğıt üzerinde, küresel en iyi uygulamalarla uyumlu, beceri odaklı ve bütüncül bir vizyon sunmaktadır.

Ancak, bu vizyonun hayata geçirilmesi, müfredat metinlerinin yazımından çok daha karmaşık ve meşakkatli bir süreci gerektirir. Başarı, yalnızca niyetlerin doğruluğuna değil, aynı zamanda bu niyetlerin sınıflardaki pedagojik gerçekliğe ne ölçüde dönüştürülebildiğine bağlıdır. Bu dönüşümün önündeki en büyük engel, eğitim sisteminin kendi içindeki yapısal atalettir. Geleneksel değerlendirme sistemleri, öğretmen

yetiştirme programlarının disiplin temelli yapısı ve okullardaki kaynak kısıtlılıkları gibi köklü sorunlar, en iyi niyetli reformları bile işlevsiz kılma potansiyeli taşımaktadır.

Dolayısıyla, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin kalıcı bir başarıya dönüşmesi; öğretmenlerin kavramsal derinliğe uygun şekilde güçlendirildiği, değerlendirme sistemlerinin müfredatın felsefesiyle tutarlı hale getirildiği, kapsayıcılık ve eşitliğin bir istisna değil kural olarak benimsendiği ve tüm paydaşların (hükümet, üniversiteler, sanayi ve sivil toplum) bu ulusal hedefe ortak olduğu bütüncül bir stratejinin kararlılıkla uygulanmasına bağlıdır. Bu, yalnızca bir eğitim reformu değil, aynı zamanda Türkiye'nin gelecekteki inovasyon kapasitesini, ekonomik rekabet gücünü ve en önemlisi, karmaşık dünya problemlerine çözüm üretebilecek nesilleri yetiştirme iradesini ortaya koyan bir medeniyet projesidir.

Kaynakça

Akarsu, N. O. ve Elmas, R. (2020). STEM eğitimi yaklaşımlarının özellikleri ve değerlendirilmesi. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi, 37*, 155-175.

Akbaş, G. ve Güngör, E. (2022). Eğitimde cinsiyete dayalı ayrımcılık. B. Türkoğlu ve G. Akbaş (Ed.), *Toplumsal cinsiyet eşitsizliğinin farklı yüzleri psikolojik yaklaşımlar* içinde (ss. 55-78). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T. ve Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi Türkiye raporu: "Günümüz modası mı yoksa gereksinim mi?"*. İstanbul: İstanbul Aydın Üniversitesi STEM Merkezi.

Akpınar, E. ve Öztürk, C. (2017). Eğitimde fırsat eşitsizliğinin nedeni olarak okul/öğretmen etkisizliği ve aile katılımı. *Uşak Üniversitesi Eğitim Araştırmaları Dergisi, 3*(1), 59-71.

Bekereci, Ü. (2022). *STEM öğrenme modelinde proje tabanlı öğrenme yöntemi ve istasyon tekniği kullanımının öğrencilerin akademik başarılarına, kalıcılığa ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisi.* Kahramanmaraş: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Berberoğlu, G. ve Kalender, İ. (2005). Öğrenci başarısının yıllara, okul türlerine, bölgelere göre incelenmesi: ÖSS ve PISA analizi. *Eğitim Bilimleri ve Uygulama, 4*(7), 21-35.

Berliner, D. C. & Biddle, B. J. (1995). *The manufactured crisis: Myths, fraud, and the attack on America's public schools*. New York: Addison-Wesley.

Bhanot, R. & Jovanovic, J. (2009). The role of parents and teachers in the development of gender-related math

attitudes. *Sex Roles, 60*(7-8), 527-541. https://doi.org/10.1007/s11199-009-9585-9

Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M. & Rumble, M. (2012). Defining twenty-first century skills. In P. Griffin, B. McGaw, & E. Care (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17-66). Dordrecht: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2

Blakemore, J. E. O. & Centers, R. E. (2005). Characteristics of boys' and girls' toys. *Sex Roles, 53*(9-10), 619–633. https://doi.org/10.1007/s11199-005-7729-0

Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M. & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning: Sustaining the doing, supporting the learning. *Educational Psychologist, 26*(3-4), 369-398. https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139

Boe, J. L. & Woods, R. J. (2018). Parents' influence on infants' gender-typed toy preferences. *Sex Roles, 79*(5), 265–277. https://doi.org/10.1007/s11199-017-0858-4

Branscome, D. (2012). The Cold War's effect on education. *The History Teacher, 45*(3), 427-438.

Breda, T., Jouini, E., Napp, C. & Thebault, G. (2020). Gender stereotypes can explain the gender-equality paradox. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 117*(49), 31063-31069. https://doi.org/10.1073/pnas.2008704117

Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C. & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and*

Mathematics, 112(1), 3-11. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x

Bush, G. W. (2007, 9 Ağustos). *President Bush signs America COMPETES Act*. The White House Archives. https://georgewbush-whitehouse.archives.gov/news/releases/2007/08/20070809-6.html adresinden edinilmiştir.

Bybee, R. W. (2014). The BSCS 5E instructional model: Personal reflections and contemporary implications. *Science and Children, 51*(8), 10-13.

Caswell, T. A. & LaBrie, J. (2017). Inquiry-based learning from the learner's point of view: A teacher candidate's success story. *Journal of Humanistic Mathematics, 7*(2), 161-186. https://doi.org/10.5642/jhummath.201702.08

Crismond, D. P. & Adams, R. S. (2012). The informed design teaching and learning matrix. *Journal of Engineering Education, 101*(4), 738-797. https://doi.org/10.1002/jee.20023

Cvencek, D., Meltzoff, A. N. & Greenwald, A. G. (2011). Math-gender stereotypes in elementary school children. *Child Development, 82*(3), 766-779. https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2010.01529.x

Çetin, A. ve Açıkgül Fırat, E. (2022). STEM temel seviye eğitiminin öğretmenlerin STEM uygulamaları öz-yeterliklerine etkisi. *Kastamonu Education Journal, 30*(1), 183-196. https://doi.org/10.24106/kefdergi.948339

Eğilmez, M. (2015, 12 Temmuz). *Geçen hafta içinde NASA Kepler uzay teleskopuyla dünyaya çok benzeyen bir gezegen bulduğunu açıkladı*. Mahfi Eğilmez - Kendime Yazılar.

http://www.mahfiegilmez.com/2015/07/gecen-hafta-icinde-nasa-kepler-uzay.html adresinden edinilmiştir.

Fallace, T. (2017). The intellectual history of the "A Nation at Risk" report. *Educational Researcher, 46*(8), 442-450. https://doi.org/10.3102/0013189X17737381

Gordon, B. (2007). *H.R.2272 - America Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education, and Science Act*. Congress.gov. https://www.congress.gov/bill/110th-congress/house-bill/2272 adresinden edinilmiştir.

Grotzer, T. A. (2007, 11 Ekim). *How Sputnik changed U.S. education*. The Harvard Gazette. https://news.harvard.edu/gazette/story/2007/10/how-sputnik-changed-u-s-education/ adresinden edinilmiştir.

Gülhan, F. ve Şahin, F. (2016). Fen-Teknoloji-Mühendislik-Matematik entegrasyonunun (STEM) 5. sınıf öğrencilerinin bu alanlarla ilgili algı ve tutumlarına etkisi. *International Journal of Human Sciences, 13*(1), 602-620. https://doi.org/10.14687/ijhs.v13i1.3447

Hynes, M. M. (2012). Middle-school teachers' understanding and teaching of the engineering design process: A case study. *Journal of Engineering Education, 101*(3), 478-502. https://doi.org/10.1002/jee.20015

Kang, N. H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education, 5*(1), 6. https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y

Katehi, L., Pearson, G. & Feder, M. (Eds.). (2009). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. Washington, DC: National Academies Press.

Kirici, M. Y. & Bakirci, H. (2021). The effect of inquiry-based learning on students' scientific creativity. *Thinking Skills and Creativity, 41*, 100871. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100871

Lai, E. R. (2018). *Critical thinking: A literature review*. New York: Pearson.

Langevin, J. (2011). *H.Res.319 - Expressing the sense of the House of Representatives that adding art and design into Federal programs that target the STEM fields encourages innovation and economic growth in the United States*. Congress.gov. https://www.congress.gov/bill/112th-congress/house-resolution/319 adresinden edinilmiştir.

Lederman, N. G. & Niess, M. L. (1997). Integrated, interdisciplinary, or thematic instruction? Is this a question or is it questionable? *School Science and Mathematics, 97*(7), 341-343. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1997.tb17369.x

Maeda, J. (2013). STEM + Art = STEAM. *The STEAM Journal, 1*(1), Article 34. https://doi.org/10.5642/steam.201301.34

Maeda, J. (2012, 2 Ekim). *STEM to STEAM: Art in K-12 is key to building a strong economy*. Edutopia. https://www.edutopia.org/blog/stem-to-steam-strengthens-economy-john-maeda adresinden edinilmiştir.

Maness, J. & Holtzin, R. K. (2015). *STEM education for the 21st century and beyond*. Opednews. https://www.opednews.com/articles/STEM-Education-for-

the-21-by-James-Maness-150101-844.html adresinden edinilmiştir.

Maspul, A. (2024). The impact of project-based learning in STEM education in Kenyan secondary schools. *Journal of African Education, 5*(1), 112-128. https://doi.org/10.61971/jisit.v1i1.20

Mau, W. C. J., Bentson, C. & Wright, K. (2020). Factors influencing STEM career choices. *Journal of Career Development, 47*(1), 3-15. https://doi.org/10.1177/0894845318813351

Mehta, J. (2015). The long shadow of A Nation at Risk. *American Educator, 39*(2), 4-15.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2016). *STEM eğitimi raporu*. Ankara: Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018). *21. yüzyıl becerileri ve değerlere yönelik araştırma raporu*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2023). *21. yüzyıl becerileri ve değerlere yönelik araştırma raporu*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024a). *Türkiye Yüzyılı maarif modeli: Fen bilimleri dersi öğretim programı (3-8)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024b). *Türkiye Yüzyılı maarif modeli: Ortaokul matematik dersi öğretim programı (5-8)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024c). *Türkiye Yüzyılı maarif modeli: Ortak metin*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2025). *Türkiye Yüzyılı maarif modeli: Bilişim teknolojileri ve yazılım dersi öğretim programı (5-6)*. Ankara: Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W. & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. In J. Strobel, S. Purzer, & M. Cardella (Eds.), *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices* (pp. 35-60). West Lafayette: Purdue University Press.

National Commission on Excellence in Education. (1983). *A Nation at Risk: The imperative for educational reform*. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.

National Science Foundation. (2022). *NSF awards 48 grants to Hispanic-serving institutions to bolster STEM education*. Retrieved from https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=304654

National Science Foundation. (2023). *NSF and philanthropic partners announce new effort to improve STEM education*. Retrieved from https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=306891

NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press.

Orçan Kaçan, M. ve Park, S. R. (2023). *Türkiye'de STEM eğitimi ve 21. yüzyıl becerileri*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/369847234 adresinden edinilmiştir.

Ramaley, J. A. (2014). The changing role of the National Science Foundation in the support of STEM education. In C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton, & T. J. Moore (Eds.), *STEM road map: A framework for integrated STEM education* (pp. 23-45). New York: Routledge.

Partnership for 21st Century Learning. (2015). *P21 framework definitions*. Retrieved from http://www.p21.org/our-work/p21-framework

Powell, J. (2007). The race to the moon and its effect on education. *Journal of American History, 94*(2), 456-478.

Pruitt, S. L. (2014). The Next Generation Science Standards: The features and the facts. *Electronic Journal of Science Education, 18*(5), 1-14.

Roberts, A. (2012). A justification for STEM education. *Technology and Engineering Teacher, 71*(8), 1-5.

Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher, 68*(4), 20-26.

Shernoff, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M. & Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education, 4*(1), 13. https://doi.org/10.1186/s40594-017-0068-1

Şahin, A., Ayar, M. C. ve Adıgüzel, T. (2014). Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik içerikli okul sonrası etkinlikler ve öğrenciler üzerindeki etkileri. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri, 14*(1), 277-298. https://doi.org/10.12738/estp.2014.1.1876

Thoman, D. B., Smith, J. L., Brown, E. R., Chase, J. & Lee, J. Y. K. (2017). The role of teacher and parent support in the academic self-concept of female students in STEM. *Journal of Educational Psychology, 109*(6), 832-846. https://doi.org/10.1037/edu0000179

Türkiye Sanayicileri ve İş Adamları Derneği [TÜSİAD]. (2014). *STEM alanında eğitim almış iş gücüne yönelik talep ve beklentiler araştırması*. İstanbul: TÜSİAD.

Uçan, S. ve Yüksel, A. (2020). *Türkiye'de STEM alanındaki toplumsal cinsiyet eşitsizlikleri: Araştırma ve izleme raporu*. Ankara: Uçan Süpürge Kadın İletişim ve Araştırma Derneği.

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization [UNESCO]. (2023). *Gender representation in textbooks: A global analysis*. Paris: UNESCO.

U.S. Congress. (2007). *America COMPETES Act, Pub. L. No. 110-69*. Retrieved from https://www.congress.gov/110/plaws/publ69/PLAW-110publ69.pdf

Voogt, J. & Roblin, N. P. (2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies, 44*(3), 299-321. https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938

White, D. W. (2014). What is STEM education and why is it important? *Florida Association of Teacher Educators Journal, 1*(14), 1-9.

Wissehr, C., Concannon, J. & Barrow, L. H. (2011). Looking back at the Sputnik era and its impact on science education. *School Science and Mathematics, 111*(7), 368-375. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00099.x

Yıldırım, H. ve Gelmez-Burakgazi, S. (2020). Türkiye'de STEM eğitimi konusunda yapılan çalışmalar üzerine bir araştırma: Meta-sentez çalışması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 50*, 291-314. https://doi.org/10.9779/pauefd.590319

STEM Eğitimi ve Girişimcilik

Esra SİPAHİ DÖNGÜL

Aksaray Üniversitesi

Öz

Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) eğitimi, bilgi temelli ekonominin gereklilikleri doğrultusunda yalnızca pedagojik bir yaklaşım olmanın ötesine geçerek inovasyon ve girişimcilik süreçlerinin şekillenmesinde stratejik bir rol üstlenmektedir. Özellikle teknoloji odaklı girişimlerin artışı, üniversitelerde üretilen bilginin ticarileştirilmesi ve akademik girişimcilik uygulamalarının yaygınlaşması, STEM ve girişimcilik arasındaki ilişkinin sistematik biçimde incelenmesini gerekli kılmaktadır. Bununla birlikte, mevcut literatürde STEM ve girişimcilik alanındaki çalışmaların uzun dönemli tematik evrimini ortaya koyan bütüncül analizlerin sınırlı olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın amacı, STEM ve girişimcilik alanındaki akademik yayınların 1992–2025/Kasım dönemi boyunca geçirdiği kavramsal ve tematik dönüşümü ortaya koymaktır. Bu doğrultuda Web of Science (WoS) veri tabanından elde edilen 2.994 yayın, bibliyometrik analiz yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Analiz süreci, SciMAT yazılımı (v1.1.06) aracılığıyla yürütülmüş; çalışmalar yayın yoğunluğundaki kırılma noktaları esas alınarak üç döneme (1992–2006, 2007–2016 ve 2017–2025/Kasım) ayrılmıştır. Tematik merkezilik ve yoğunluk ölçütleri doğrultusunda stratejik diyagramlar, örtüşme ve tematik evrim haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen bulgular, STEM ve girişimcilik literatürünün erken dönemde keşif ve kavramsallaştırma odaklı ilerlediğini; orta dönemde iş modeli, sistemler, ekosistemler ve STEM eğitimi gibi temalar etrafında merkezîleştiğini; son dönemde ise disiplinlerarası, uygulama ve politika yönelimli bir yapıya evrildiğini göstermektedir. Özellikle girişimcilik,

ISBN: 978-625-6276-47-5

STEM eğitimi, iş modelleri, örgütsel bakış açısı, kadın girişimciliği ve dijitalleşme temalarının giderek daha güçlü biçimde bütünleştiği tespit edilmiştir. Bu çalışma, STEM ve girişimcilik literatürüne ilişkin dönemsel ve sistematik bir haritalama sunarak alanyazındaki önemli bir boşluğu doldurmakta; araştırmacılar, eğitim tasarımcıları ve politika yapıcılar için yönlendirici bir çerçeve sağlamaktadır.

Giriş

Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) yaklaşımları, bilgi ekonomisinin ilerlemesiyle birlikte yalnızca eğitim alanında değil, aynı zamanda inovasyon ve girişimcilik süreçlerinin şekillenmesinde de merkezi bir konum kazanmaktadır. Bu bağlamda sürdürülebilirlik ekseninde rekabet gücü, ekonomik kuruluşların rekabet avantajlarını belirleyen unsurların, günümüzün küresel ihtiyaçları ve yönetsel zorluklarına yanıt verebilecek stratejilerle bütünleştirilmesi yoluyla giderek daha büyük önem taşımaktadır (Hamdouna & Khmelyarchuk, 2025). Bu bütünleşmenin toplumsal yansımalarından biri olarak, eşitsizliklerin ve kurumsal boşlukların baskın olduğu bağlamlarda sosyal girişimcilik, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada dönüştürücü bir mekanizma olarak öne çıkmaktadır (Raman vd., 2025). Bu doğrultuda STEM eğitimi, 21. yüzyılın yenilikçilik, problem çözme ve girişimcilik odaklı gerekliliklerine yanıt verebilecek nitelikli insan kaynağının geliştirilmesinde stratejik bir rol üstlenmektedir (Al Hamad vd., 2024).

Girişimcilik, uzun süreli risk alma ve şirket kurma faaliyetleriyle özdeşleştirilirken, günümüzde yenilikçi davranışları teşvik eden, örgüt içi girişimleri ve insan sermayesinin gelişimini merkeze alan sistem temelli bir süreç olarak değerlendirilmektedir (Tseng ve Tseng, 2019). Teknoloji odaklı girişimler bağlamında üniversitelerde üretilen araştırmaların ticarileştirilmesi, akademik girişimciliğin önemli bir bileşeni olarak öne çıkmakta (Gaspar Pacheco vd., 2024) ve bilgi yayılımı

ile inovasyon ekosistemleri aracılığıyla çok sayıda aktörün etkileşime girdiği dinamik bir süreci ifade etmektedir (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000).

Bu gelişmeler odağında, STEM ve girişimcilik alanında yapılan çalışmalar bu alanın tematik olarak çeşitlenmesine katkıda bulunmuştur. Ancak yayınlanan çalışmalar incelendiğinde STEM ve girişimcilik odağında yer alan çalışmaların dönem bazlı kavramsal evriminin sistematik bağlamda ele alındığı çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir.

Bu çalışma, STEM ve girişimcilik alanındaki yayınlanan çalışmaların 1992–2025/Kasım dönem aralığında nasıl evrildiğini ortaya koymayı amaçlamakta ve tematik analiz yoluyla Wen of Science (WOS) veri tabanından alınan 2997 yayın incelenmektedir. SciMAT yazılımı (v1.1.06) kullanılarak gerçekleştirilen analizler, alanın erken dönem keşif evresinden günümüzdeki disiplinlerarası ve uygulama odaklı yapısına nasıl dönüştüğünü bütüncül biçimde ortaya koymayı hedeflemektedir.

STEM Eğitiminin Girişimcilik ile İlişkisi

STEM eğitimi, disiplinlerarası yapısıyla müfredat temelli olarak kurgulandığında, öğrencilerin gerçek yaşam problemlerine yönelik çözüm üretme becerilerini sistematik biçimde geliştiren etkili bir eğitim yaklaşımı sunmaktadır (Deng vd., 2025). Bu özellik, STEM'i sadece başarıyı yükselten bir model olmaktan ziyade, girişimci odağında düşünme, inovatif ve problem çözme becerilerinin gelişimine destek veren bir yapıya dönüştürmüştür (Kelley & Knowles, 2016). Özellikle proje

tabanlı ve problem temelli öğrenme ile deneyimsel eğitim yaklaşımlarının STEM bağlamında girişimcilik becerilerini desteklediği vurgulanmaktadır (Rasmussen & Sørheim, 2006).

Girişimcilik alanında yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde çalışmaların ilk dönemlerde birey ve firma performansına odaklandığı (McClelland, 1961; Shane & Venkataraman, 2000), sonraki dönemlerde örgütsel bağlamda, iş modelleri, inovasyon sistemleri ve bilgi yayılımı gibi konuları kapsayacak biçimde genişlemiştir (Zott vd., 2011; Acs vd., 2014). Bu bağlamda bu dönüşüm, girişimciliğin tekil bir eylem değil, çok aktörlü bir ekosistem süreci olarak ele alınmasını sağlamıştır. STEM alanları bu ekosistemin odağında bulunmakta; teknoloji transferi, üniversite kaynaklı girişimler ve araştırma temelli inovasyon süreçleri yoluyla girişimcilik literatürü genişlemektedir (Wright et al., 2007). Bu bağlamda STEM ve girişimcilik arasındaki ilişki, bilgi temelli ekonomi yaklaşımıyla doğrudan bağlantılı olmaktadır.

Yöntem

Bu çalışmada, STEM ve girişimcilik alanına ilişkin akademik literatürün zaman içerisindeki tematik gelişimini ve dönüşümünü ortaya koymak amacıyla bibliyometrik analiz yöntemi kullanılmıştır. Bibliyometrik analiz, bilimsel bilginin haritalandırılmasını sağlayarak mevcut çalışmaların sistematik biçimde özetlenmesine ve geleceğe yönelik araştırma gündemlerinin belirlenmesine olanak tanımaktadır (Sipahi Döngül, 2024).

Çalışma kapsamında veriler, 30.11.2025 tarihinde Web of Science (WoS) veri tabanından elde edilmiştir. Tarama sürecinde, STEM ve girişimcilik literatürünü kapsayacak şekilde "STEM" ve "Entrepreneurship" anahtar kelimeler kullanılarak, tüm dillerde, tüm doküman türlerinde ve tüm atıf indeksleri (SCI-Expanded, SSCI, AHCI, ESCI, CPCI-S, CPCI-SSH, BKCI-S ve BKCI-SSH) seçilerek kapsamlı bir arama gerçekleştirilmiştir. Bu tarama sonucunda toplam 2.994 yayına ulaşılmıştır.

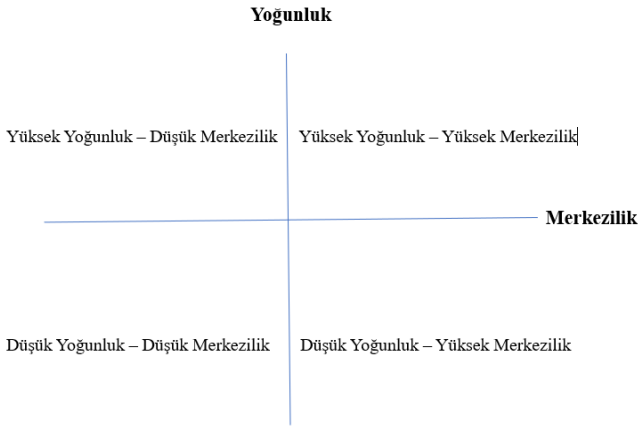
Araştırmanın amacı doğrultusunda, STEM ve girişimcilik alanındaki yayınların zamansal ve tematik evrimini inceleyebilmek için çalışmalar üç ayrı döneme ayrılmıştır. Bu dönemler; alanın erken kavramsallaştırma evresini temsil eden 1992-2006, teorik derinleşme ve çeşitlenmenin başladığı 2007-2016 ve disiplinlerarası, uygulama ve politika odaklı olgunlaşma evresini yansıtan 2017-2025/Kasım dönemleridir. İlk dönemin 1992 yılı ile başlatılmasının temel nedeni, gerçekleştirilen tarama sonucunda ilgili alandaki ilk yayının 1992 yılında yayımlandığının tespit edilmiş olmasındandır. Dönemselleştirme sürecinde, ilk yayınların ortaya çıkış tarihi ve yayın sayılarındaki kırılma noktaları dikkate alınmıştır.

Elde edilen yayın verileri, metin (plain text) formatında dışa aktarılmış ve SciMAT yazılımı (v1.1.06) kullanılarak analiz edilmiştir. SciMAT, bilimsel alanların tematik yapılarını, kavramsal evrim süreçlerini ve anahtar temalar arasındaki ilişkileri ortaya koymaya imkân tanıyan, bibliyometrik ve bilim haritalama çalışmalarında yaygın olarak kullanılan bir analiz aracıdır (Cobo vd., 2012).

Çalışma kapsamında yanıt aranılan araştırma soruları aşağıda sunulmaktadır:

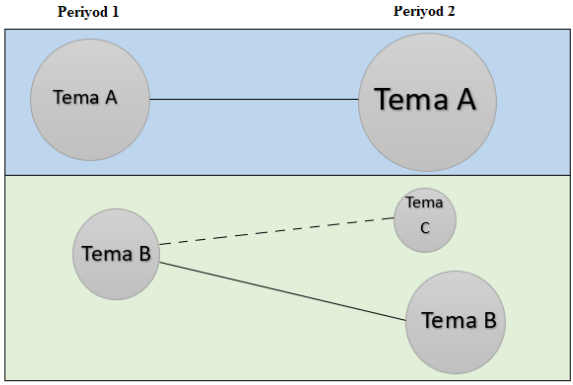
- STEM ve girişimcilik alanına ilişkin akademik yayınların dönemlere göre dağılımı nasıl bir seyir izlemektedir?
- STEM ve girişimcilik literatüründe farklı dönemlerde öne çıkan başlıca temalar hangileridir?
- Tematik merkezilik ve yoğunluk düzeylerindeki değişimler, alanın kavramsal yapısını ve disiplinlerarası niteliğini nasıl şekillendirmiştir?
- STEM ve girişimcilik literatürü zaman içerisinde hangi tematik evrim ve bütünleşme süreçlerinden geçmiştir?

Bu yöntemsel yaklaşım aracılığıyla çalışma, STEM ve girişimcilik literatürünün erken dönem keşif aşamasından başlayarak güncel, çok aktörlü ve uygulama odaklı bir araştırma paradigmasına nasıl evrildiğini bütüncül ve dönemsel bir perspektifle ortaya koymayı amaçlamaktadır.



Şekil 1. *Stratejik diyagramların sınıflandırılması (Cobo vd., 2012)*

Not: *Stratejik diyagramlar, temaları/anahtar kelimeleri yoğunluk ve merkezilik ölçütlerine göre dört bölge içinde sınıflandırılmaktadır.*



Şekil 2. *Bir araştırma alanının tematik evrimi (Cobo vd., 2012)*

Şekil 2, bir araştırma alanında yer alan temaların farklı dönemler boyunca nasıl evrildiğini göstermektedir. Dairelerin büyüklüğü temaların göreli önemini yansıtırken, temalar arasındaki çizgiler dönemler arası kavramsal süreklilik ve dönüşüm ilişkilerini ifade etmektedir.

Bulgular

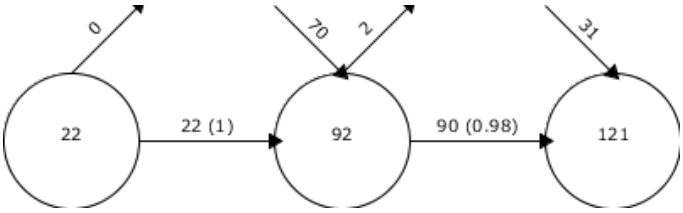
Tablo 1, 1992-2025/Kasım dönemi arasında yayımlanan eserlerin yıllara göre dağılımını göstermektedir.

Tablo 1. *Dönem Bazlı Yayın Sayıları*

Dönemler	Yayın Sayıları
1992-2006	21
2007-2016	313
2017-2025/Kasım	2660

Tablo 1'e bakıldığında 1992-2006 döneminde 21 yayın, 2007-2016 döneminde 313 yayın ve 2017-2025/Kasım döneminde 2660 yayın olduğu görülmektedir. Dönemler arasında gözlenen yayın sayısındaki belirgin artış, STEM ve girişimcilik alanının özellikle

2017 sonrası dönemde hızlı bir ivme kazandığını göstermektedir. İlk dönemin sınırlı sayıda yayına sahip olması alanın keşif ve erken kavramsallaştırma evresine işaret ederken, ikinci dönemde (2007-2016) yayın sayısındaki artış teorik derinleşme ve tematik çeşitlenmenin başladığını ortaya koymaktadır. Üçüncü dönemde (2017-2025/Kasım) ise yayın hacmindeki yükseliş, STEM ve girişimcilik literatürünün olgunlaştığını, disiplinlerarası bir yapıya kavuştuğunu ve araştırma odağının uygulama, politika ve etki boyutlarına doğru ilerlediğini göstermektedir.



Şekil 3. *Örtüşme Haritası*

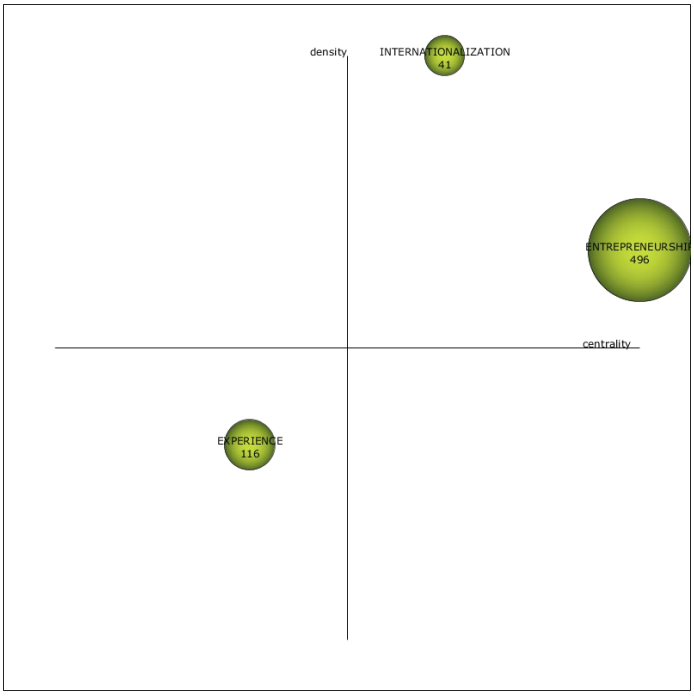
Şekil 3, STEM ve girişimcilik odaklı araştırma alanının dönemler ilerledikçe belirgin biçimde genişlediğini ve kavramsal olarak zenginleştiğini göstermektedir. İlk dönemde sınırlı sayıda anahtar kelimeyle temsil edilen alan (22), ikinci dönemde önemli bir artış göstererek 92 anahtar kelimeye, üçüncü dönemde ise 121 anahtar kelimeye ulaşmıştır. Bu artış, STEM'in yalnızca temel bir eğitim yaklaşımı olarak ele alınmaktan çıkarak girişimcilik, inovasyon, teknoloji temelli yetkinlikler ve disiplinlerarası uygulamalarla bütünleştiğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla Şekil 3'te yer alan örtüşme haritası, STEM ve girişimcilik literatürünün keşif aşamasından çıkarak daha yapılaşmış, çeşitlenmiş ve olgunlaşan bir araştırma alanına dönüştüğünü göstermektedir.

Şekil 4'te gösterilen tematik evrim haritası, STEM ve girişimcilik alanının 1992-2006, 2007-2016 ve 2017-2025/Kasım olmak üzere üç dönemde giderek artan bir yoğunluk ve bütünleşme sergilediğini ortaya koymaktadır. İlk dönemde (1992-2006) temaların sınırlı sayıda ve daha küçük ölçekli olduğu, kavramsal yapının parçalı ve keşif odaklı ilerlediği görülmektedir. İkinci dönemde (2007-2016) tema sayısı ve balon büyüklüklerinde belirgin bir artış gözlenmekte; bu durum STEM'in girişimcilik, inovasyon ve beceri temelli yaklaşımlarla daha güçlü biçimde ilişkilendirildiğini ve alanın akademik olarak derinleştiğini göstermektedir. Son dönemde ise (2017-2025/Kasım) dairelerin daha da büyümesi ve ortaya çıkması ile ayrıca temalar arası sürekliliğin güçlenmesi, STEM ve girişimcilik literatürünün olgunlaşma evresine geçtiğine, disiplinlerarası entegrasyonun arttığına ve araştırma odağının daha stratejik, uygulama ve politika yönelimli bir yapıya evrildiğine işaret etmektedir.



Şekil 4. *Evrimleşme haritası*

1992–2006 dönemine ait stratejik diyagram incelendiğinde, STEM ve girişimcilik literatürünün henüz erken ve sınırlı bir gelişim aşamasında olduğu görülmektedir. Diyagramda girişimcilik (entrepreneurship) temasının yüksek merkezilik ve görece yüksek yoğunluk değerleriyle öne çıkması, bu dönemde alanın kavramsal çekirdeğini oluşturduğunu ve literatür içinde bağlayıcı bir rol üstlendiğini göstermektedir. Buna karşılık deneyim ve eğitim (experience ve educational) daha düşük merkezilik düzeylerinde yer almakta olup, alanla henüz sınırlı ve parçalı biçimde ilişkilendirildiklerini düşündürmektedir. Bu dağılım, 1992–2006 döneminde STEM ile girişimcilik ilişkisinin daha çok kavramsal ve teorik tartışmalar çerçevesinde ele alındığını, deneyimsel, uygulamaya dönük ve eğitim temelli yaklaşımların ise henüz periferide konumlandığını ortaya koymaktadır. Genel olarak bu dönem, STEM–girişimcilik araştırmalarının keşif ve kavramsallaştırma evresini temsil etmektedir.



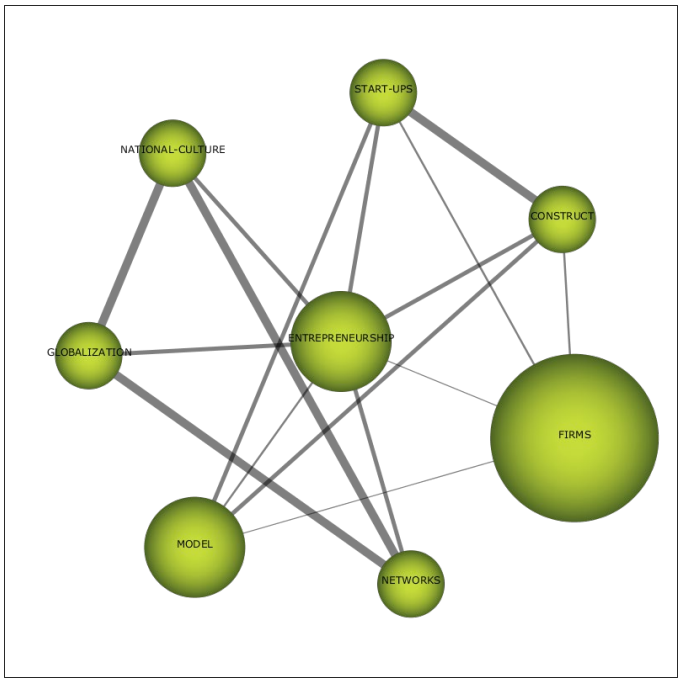
Şekil 5. *1992-2006 dönemi (1. dönem) stratejik diyagramı*

Tablo 2'de 1995-2003 Dönemine (1. Dönem) ait küme bilgisi gösterilmektedir.

Tablo 2. *1995-2003 Dönemine (1. Dönem) Ait Küme Bilgisi*

Küme Adı (Cluster)	**Merkezilik (Centrality)**	**Merkezilik aralığı (Centrality range)**	**Yoğunluk (Density)**	**Yoğunluk aralığı (Density range)**	**Toplam atıf sayısı (Sum Citiations)**
Girişimcilik (Entrepreneurship)	10	1	106.25	0.67	496
Deneyim (Experience)	0	0.33	87.5	0.33	116
Uluslararasılaştırma (Internationalization)	0	0.67	112.5	1	41

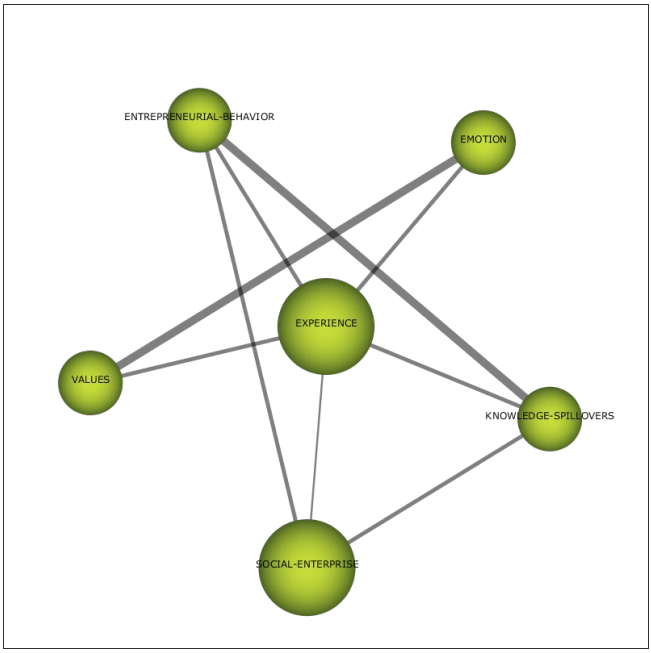
Tablo 2' de yer alan 1992–2006 dönemine ait küme bilgileri birlikte değerlendirildiğinde, STEM ve girişimcilik literatürünün bu erken evrede sınırlı sayıda tema etrafında şekillendiği görülmektedir. Girişimcilik (entrepreneurship) kümesi, en yüksek merkezilik ve yüksek yoğunluk değerleriyle (merkezilik=10; yoğunluk=106.25) alanın çekirdek ve yönlendirici teması konumunda olmakla beraber ayrıca en yüksek atıf sayısına (496) sahip olması, bu kavramın dönemin akademik anlamda da baskın rol oynadığını ortaya koymaktadır. Buna karşılık deneyim ve uluslararasılaştırma (experience ve internationalization) kümeleri merkezilik bakımından düşük değerlere sahip olup, daha çok kendi içlerinde yoğunlaşan ancak alana sınırlı düzeyde bağlanan ikincil temalar olarak konumlanmıştır. Özellikle uluslararasılaştırma (internationalization) kümesinin yüksek yoğunluk ancak düşük merkezilik göstermesi, bu temanın belirli bir uzmanlık alanında geliştiğini ancak genel literatürle henüz güçlü bağlar kuramadığını düşündürmektedir. Bu dolayımda bu bulgular, 1992–2006 döneminde STEM ve girişimcilik araştırmalarının kavramsal olarak henüz merkezileşmediğini, girişimcilik eksenli teorik çerçevenin baskın, deneyim ve uluslararasılaşma gibi temaların ise periferide konumlandığı bir keşif ve yapılandırma aşamasını yansıttığını göstermektedir.



Şekil 6. *1992-2006 Dönemi (1. Dönem) tematik küme ağı yapısı-1*

Şekil 6'da yer alan 1992-2006 Dönemi (1. Dönem) tematik küme ağı yapısı-1 incelendiğinde, 1992–2006 döneminde STEM ve girişimcilik literatürünün firma ve girişimcilik merkezli bir yapı etrafında örgütlendiği açık biçimde görülmektedir. Firmalar (firms) kümesinin belirgin biçimde en büyük düğüm olarak öne çıkması, bu dönemde girişimcilik çalışmalarının ağırlıklı olarak firma düzeyi analizlere, örgütsel yapı ve performans tartışmalarına odaklandığını göstermektedir. Girişimcilik (Entrepreneurship) teması ise ağın merkezine yakın konumlanarak farklı temalar arasında kavramsal bir bağlayıcı rol üstlenmiştir. Buna karşılık girişimler, ağlar, model, küreselleşme ve organizasyon kültürü (start-ups, networks, model, globalization ve organizational culture) gibi temalar daha küçük ve görece çevresel kümeler

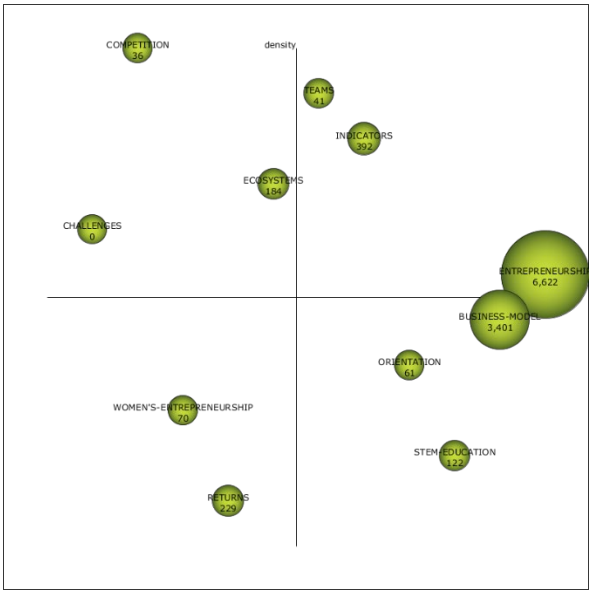
olarak ortaya çıkmakta; bu durum söz konusu kavramların henüz sınırlı sayıda çalışma ile ele alındığını ve alana ikincil düzeyde katkı sunduğunu düşündürmektedir. Bu dönemde STEM ve girişimcilik literatürünün makro firma perspektifine dayalı, uygulama ve ekosistem boyutlarının ise henüz gelişme aşamasında olduğu erken bir kavramsallaşma evresini yansıtmaktadır.



Şekil 7. *1992-2006 Dönemi (1. Dönem) tematik küme ağı yapısı-2*

1992-2006 Dönemi (1. Dönem) tematik küme ağı yapısı-2 incelendiğinde, STEM ve girişimcilik literatüründe odağın ağırlıklı olarak bireysel deneyim ve sosyal girişimcilik ekseninde şekillendiğini göstermektedir. Deneyim ve sosyal girişimcilik (experience ve social Entrepreneurship) kümelerinin görece büyük

balonlarla temsil edilmesi, erken dönemde girişimciliğin daha çok kişisel deneyimler, değerler ve toplumsal etki üzerinden kavramsallaştırıldığını ortaya koymaktadır. Değerler, duygu ve girişimcilik davranışları (values, emotion ve entrepreneurial behavior) gibi temaların ağ içinde yer alması, bu dönemde girişimcilik çalışmalarının psikolojik, bilişsel ve normatif boyutlara dayandığını; buna karşılık yapısal, örgütsel ve sistem düzeyindeki yaklaşımların henüz sınırlı düzeyde ele alındığını düşündürmektedir. Ayrıca bilgi yayılımı (knowledge spillovers) temasının çevresel konumu, bilginin yayılımı ve öğrenme süreçlerinin bu erken evrede ikincil bir tartışma alanı olarak konumlandığını göstermektedir. Bu bağlamda, 1992–2006 döneminde STEM ve girişimcilik literatürünün firma ve ekosistem odaklı yaklaşımlardan çok, birey merkezli, deneyim ve değer temelli bir keşif ve kavramsallaştırma aşamasında olduğunu göstermektedir.



Şekil 8. *2007-2016 Dönemi (2. Dönem) stratejik diyagramı*

2007–2016 dönemine ait stratejik diyagrama ilişkin toplam atıf sayıları (sumcitations) incelendiğinde, STEM ve girişimcilik literatürünün bu dönemde belirgin biçimde merkezîleştiği ve yapılandığı görülmektedir. Girişimcilik ve iş modelleri (entrepreneurship ve business model) temalarının çok yüksek atıf değerleriyle diyagramın merkezinde ve büyük balonlarla temsil edilmesi, bu kavramların alanın ana taşıyıcıları ve motor temaları hâline geldiğini göstermektedir. Buna eşlik eden eğitim, sistemler, yenilik/göstergeler, takımlar ve rekabet (education, systems, innovation/indicators, teams ve competition) gibi temalar, girişimciliğin bu dönemde eğitim, sistem yaklaşımı ve örgütsel yapılarla daha güçlü biçimde bütünleştiğine işaret etmektedir. Daha küçük ve çevresel konumda yer alan temalar ise alanın henüz gelişmekte olan veya ikincil araştırma hatlarını yansıtmaktadır. Genel olarak bu stratejik yapı, 2007–2016 döneminin STEM ve girişimcilik literatüründe teorik keşif aşamasından çıkarak, yüksek etkiye sahip, uygulama ve model odaklı, daha olgun ve merkezî bir araştırma evresine geçişi temsil ettiğini göstermektedir.

Tablo 3'te 2007–2016 Dönemine (2. Dönem) ait küme bilgisi gösterilmektedir.

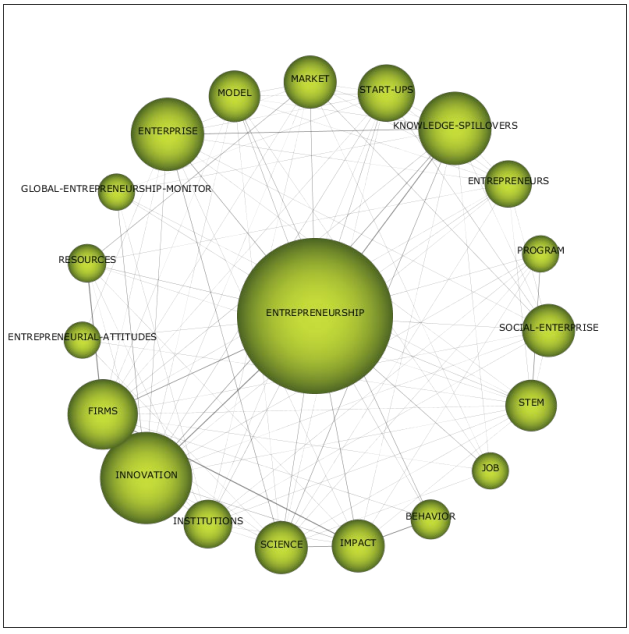
Tablo 3. *2007–2016 Dönemine (2. Dönem) Ait Küme Bilgisi*

Küme Adı (Cluster)	**Merkezilik (Centrality)**	**Merkezilik aralığı (Centrality range)**	**Yoğunluk (Density)**	**Yoğunluk aralığı (Density range)**	**Toplam atıf sayısı (Sum Citiations)**
Girişimcilik (Entrepreneurship)	92.64	1	14.3	0.55	6,622
İş Modeli (Business Model)	70.29	0.91	12.51	0.45	3,401
STEM Eğitimi	34.36	0.82	4.36	0.18	122

(STEM Education)					
Göstergeler (Indicators)	7.04	0.64	33.33	0.82	392
Rekabet (Competititon)	3.1	0.18	66.67	1	36
Yönelim (Orientation)	17.43	0.73	10	0.36	61
Takımlar (Teams)	5	0.55	50	0.91	41
Ekosistemler (Ecosystems)	4.37	0.45	25	0.73	184
Zorluklar (Challenges)	2.61	0.09	16.67	0.64	0
Kadın Girişimciliği (Women's Entrepreneurship)	3.34	0.27	5	0.27	70
Geri Dönüşler (Returns)	4.24	0.36	3.57	0.09	229

2007–2016 dönemine ait küme bilgisi değerlendirildiğinde, STEM ve girişimcilik literatürünün bu dönemde belirgin biçimde merkezîleştiği ve yapılandığı açıkça görülmektedir. Girişimcilik (entrepreneurship) kümesi hem en yüksek merkezilik (≈92.6) hem de çok yüksek atıf hacmi (sumCitations=6.622) ile alanın açık ara çekirdek ve motor teması konumundadır; bu durum girişimciliğin diğer tüm temalar için bağlayıcı bir kuramsal çerçeve sunduğunu göstermektedir. Business model kümesi yüksek merkezilik ve yüksek atıf değeriyle (3.401), girişimcilik çalışmalarının bu dönemde somut değer yaratımı, firma mantığı ve uygulama temelli modellere yöneldiğine işaret etmektedir. STEM eğitimi, ekosistemler, göstergeler ve takımlar (STEM education, ecosystems, indicators ve teams) gibi kümelerin orta dü-

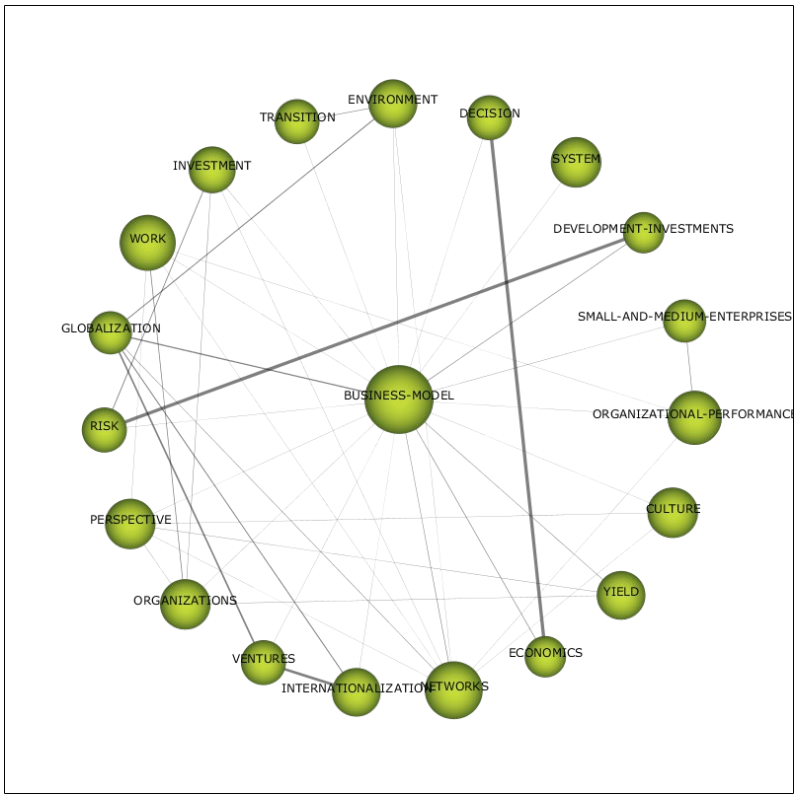
zey merkezilik ve görece yüksek yoğunluk değerleriyle konumlanması, eğitsel yaklaşımların, sistem perspektifinin ve ölçüm odaklı çalışmaların literatürde giderek kurumsallaştığını göstermektedir. Buna karşılık rekabet, zorluklar, kadın girişimciliği ve geri dönüşler (competition, challenges, women's entrepreneurship ve returns) gibi kümeler daha düşük merkezilik düzeyleriyle gelişmekte olan veya ikincil temalar olarak öne çıkmakta; bu da alanın bu başlıklarda henüz derinleşme sürecinde olduğunu düşündürmektedir. 2007–2016 dönemi, STEM ve girişimcilik literatürünün erken keşif aşamasından çıkarak yüksek etkili, model ve sistem odaklı, olgun bir araştırma evresine geçişini temsil etmektedir.



Şekil 9. *2007-2016 Dönemi (2. Dönem) tematik küme ağı yapısı-1*

2007-2016 Dönemi (2. Dönem) tematik küme ağı yapısı-1 incelendiğinde, 2007–2016 döneminde STEM ve girişimcilik literatürünün güçlü biçimde merkezileştiğini ve ağ yapısının belirgin şekilde genişlediğini göstermektedir. Girişimcilik (Entrepreneurship) temasının ağın tam merkezinde ve en büyük düğüm olarak konumlanması, bu kavramın dönemin baskın çekirdeği olduğunu ve diğer tüm temalarla yoğun etkileşim içinde bulunduğunu ortaya koymaktadır. Çevresinde yer alan yenilik, firmalar, bilgi yayımları, girişimler, model ve pazar (innovation, firms, knowledge spillovers, start-ups, model ve market) gibi büyük ve bağlantılı düğümler, girişimcilik çalışmalarının bu dönemde firma düzeyi analizler, yenilik süreçleri, bilgi yayılımı ve piyasa mekanizmaları etrafında yapılandığını göstermektedir. STEM, fen bilimleri, eğitim/davranış, programlar, etki ve işler (STEM, science, education/behavior, programs, impact ve jobs) gibi temaların ağda yer alması ise girişimciliğin eğitim, bilim, istihdam ve toplumsal etki boyutlarıyla bütünleştiğine işaret etmektedir.

Bu çerçevede bu ağ yapısı, 2007–2016 döneminin STEM–girişimcilik literatüründe teorik keşfi aşan, uygulama ve ekosistem odaklı olmakla beraber ayrıca çok aktörlü bir araştırma evresini temsil ettiğini göstermektedir.



Şekil 10. *2007-2016 Dönemi (2. Dönem) tematik küme ağı yapısı-2*

2007-2016 Dönemi (2. Dönem) tematik küme ağı yapısı-2 incelendiğinde, 2007–2016 döneminde STEM ve girişimcilik literatüründe odağın giderek yapısal, örgütsel ve karar süreçlerine kaydığını göstermektedir. İş modeli (business model) temasının ağın merkezinde ve görece büyük bir düğüm olarak konumlanması, bu dönemde girişimcilik çalışmalarının değer yaratımı, sürdürülebilirlik ve işletme mantığı ekseninde yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. Çevresinde yer alan karar verme, sistemler, çevre, yatırım, risk, ağlar ve organizasyonel bakış açısı (decision making, systems, environment, investment, risk, networks ve organizational perspective) gibi temalar, girişimciliğin yalnızca

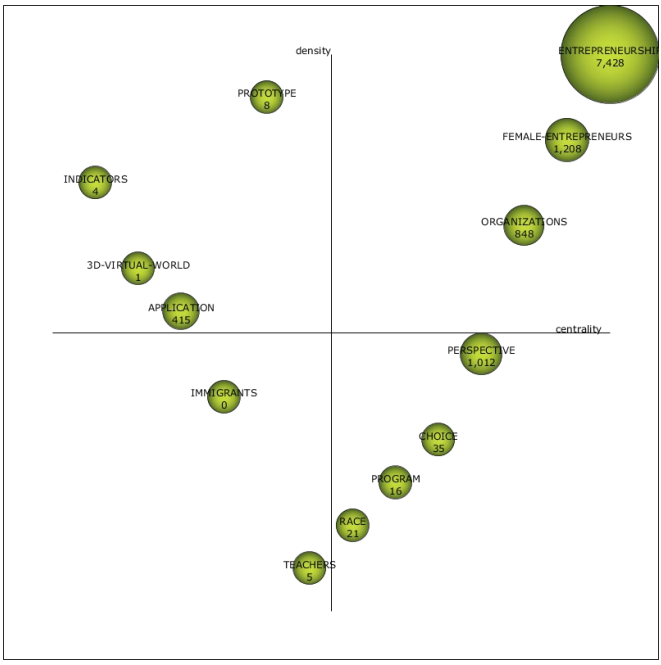
bireysel bir faaliyet değil; çevresel koşullar, kurumsal yapı ve ağ ilişkileri içinde ele alındığını göstermektedir. Kültür, ekonomik verim, iş, finansal performans ve uluslararasılaşma (culture, economic yield, work, financial performance ve internationalization) gibi temaların ağ yapısına dâhil olması ise girişimcilik araştırmalarının bu dönemde sosyal, kültürel ve ekonomik boyutları bütüncül biçimde ele almaya başladığını göstermektedir. Bu ağ yapısı, 2007–2016 döneminin STEM ve girişimcilik literatüründe deneyim ve değer temelli yaklaşımlardan daha sistematik, çok düzeyli ve olgun bir kuramsal–uygulamalı evreye geçişi temsil ettiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 11. *2007-2016 Dönemi (2. Dönem) tematik küme ağı yapısı-3*

2007-2016 Dönemi (2. Dönem) tematik küme ağı yapısı-3 incelendiğinde, 2007–2016 döneminde STEM ve girişimcilik literatüründe odağın belirgin biçimde eğitim temelli bir eksene kaydığını göstermektedir. STEM education kümesinin ağın merkezinde ve büyük bir düğüm olarak konumlanması, girişimciliğin bu dönemde öğrenciler, öğrenme süreçleri ve pedagojik yaklaşımlar üzerinden ele alındığını ortaya koymaktadır. Öğrenciler, motivasyon, kimlik, roller ve deneyimler (students, motivation, identity, roles ve experience) gibi temaların ağ içinde yer alması, bireysel özellikler, rol algıları ve öğrenme deneyimlerinin girişimci yetkinliklerin gelişiminde önemli bir analiz birimi hâline geldiğini göstermektedir. Ayrıca girişimci, uygulamaya dayalı ve müfredat/öğrenme temelli (entrepreneurial, practice-based ve curriculum/learning-based) yaklaşımları çağrıştıran kümelerin varlığı, STEM odaklı girişimcilik araştırmalarının bu dönemde uygulamaya dayalı, öğrenci merkezli ve beceri geliştirmeyi hedefleyen bir yapıya evrildiğine işaret etmektedir.

Bu ağ yapısı, 2007–2016 döneminde STEM ve girişimcilik literatürünün örgüt ve sistem merkezli analizlerden, eğitim bağlamında birey ve öğrenme süreçlerine odaklanan daha mikro araştırma evresine yöneldiğini göstermektedir.



Şekil 12. *2017-2025/Kasım Dönemi (3. Dönem) stratejik diyagramı*

2017-2025/Kasım Dönemi (3. Dönem) stratejik diyagramı incelendiğinde, STEM ve girişimcilik literatürünün bu son evrede açık biçimde olgunlaşma ve yoğunlaşma aşamasına geçtiği görülmektedir. Girişimcilik (entrepreneurship) temasının çok yüksek atıf değeriyle (7.428) diyagramda baskın ve merkezî bir konumda yer alması, alanın kuramsal ve ampirik çekirdeğinin bu kavram etrafında toplandığını göstermektedir. Buna eşlik eden organizasyonel bakış açısı, girişimci niyet/bakış açısı ve uygulama/programlar (organizational perspective, entrepreneurial intention/perspective ve application/programs) gibi yüksek atıf alan temalar, girişimciliğin bireysel niyet düzeyinden örgütsel, uygulamalı ve politika yönelimli çerçevelere doğru genişlediğine işaret etmektedir. Daha çevresel konumda yer alan eğitim,

seçim, ırk, göç (education, choice, race, migration) ve benzeri temalar ise alanın toplumsal çeşitlilik, kapsayıcılık ve bağlamsal faktörlere duyarlılık kazandığını göstermektedir. Genel olarak ele alındığında bu dönem, STEM ve girişimcilik araştırmalarının kuramsal sağlamlığını korurken aynı zamanda uygulama, örgütsel analiz ve sosyal boyutları bütünleştirdiği, yüksek etki düzeyine sahip ileri bir olgunlaşma evresini temsil etmektedir.

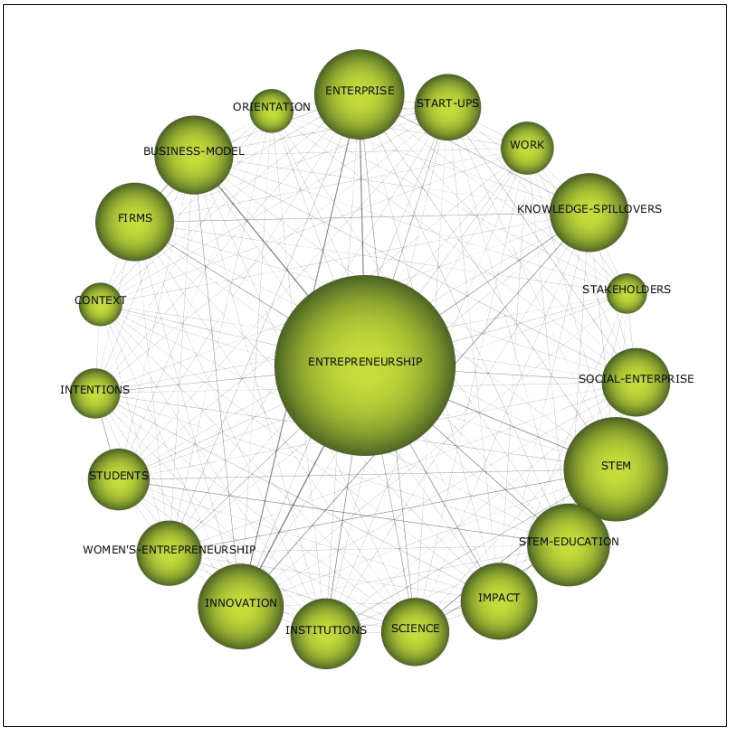
Tablo 4'te 2017–2025/Kasım Dönemine (3. Dönem) ait küme bilgisi gösterilmektedir.

Tablo 4. *2017–2025/Kasım Dönemine (3. Dönem) Ait Küme Bilgisi*

Küme Adı (Cluster)	**Merkezilik (Centrality)**	**Merkezilik aralığı (Centrality range)**	**Yoğunluk (Density)**	**Yoğunluk aralığı (Density range)**	**Toplam atıf sayısı (Sum Citiations)**
Girişimcilik (Entrepreneurship)	58.94	1	18.25	1	7,428
Kadın Girişimcilik (Female Entrepreneurship)	32.72	0.92	5.11	0.85	1,208
Kuruluşlar (Organizations)	29.3	0.85	2.78	0.69	848
Perspektif (Perspective)	24.91	0.77	1.34	0.46	1,012
Seçim (Choice)	8.31	0.69	1.09	0.31	35
Program (Program)	6.14	0.62	0.81	0.23	16
Irk (Race)	4.04	0.54	0.79	0.15	21
Prototip (Prototype)	2.06	0.38	6.6	0.92	8
Göstergeler (Indicators)	0.61	0.08	4.17	0.77	4

3D Sanal Dünya (3D Virtual World)	0.71	0.15	2.08	0.62	1
Uygulama (Application)	1.19	0.23	1.79	0.54	415
Göçmen (Immigrants)	2.06	0.31	1.25	0.38	0
Öğretmenler (Teachers)	2.53	0.46	0.56	0.08	5

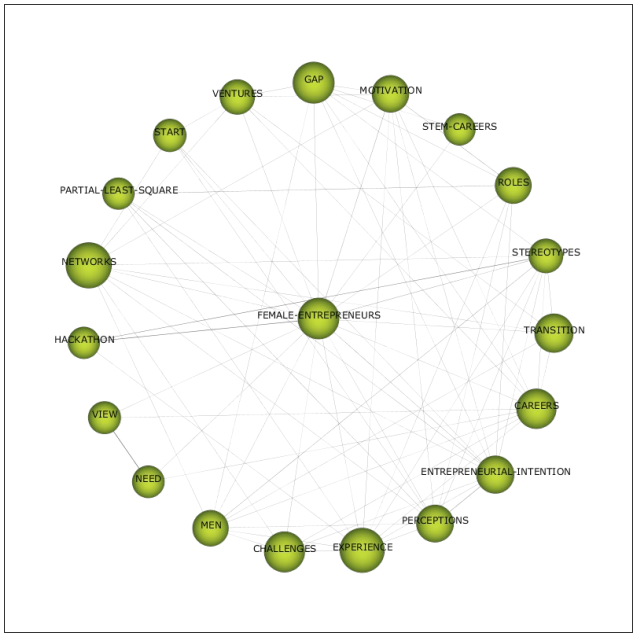
Tablo 4'te yer alan 2017–2025/Kasım dönemine ait küme bilgileri değerlendirildiğinde, STEM ve girişimcilik literatürünün bu evrede hem yüksek etki düzeyine ulaştığı hem de toplumsal ve bağlamsal olarak çeşitlendiği görülmektedir. Entrepreneurship kümesi, en yüksek merkezilik ve atıf değerleriyle (sumCitations ≈ 7,428) alanın tartışmasız çekirdeğini oluşturmakta; bu durum girişimciliğin kuramsal olduğu kadar ampirik olarak da literatürü sürükleyen temel tema olmaya devam ettiğini göstermektedir. Buna paralel olarak kadın girişimcilik, kuruluşlar ve perspektif (female entrepreneurship, organizations ve perspective) gibi kümelerin yükselen atıf hacimleri, araştırma odağının giderek kapsayıcılık, örgütsel bağlam ve çoklu bakış açılarına yöneldiğine işaret etmektedir. Uygulama, program ve göstergeler (application, program, choice ve indicators) gibi temalar, girişimcilik çalışmalarının politika, uygulama ve ölçüm odaklı bir yapıya evrildiğini ortaya koyarken; ırk, göçmenler, öğretmenler ve dijital/sanal dünya (race, immigrants, teachers ve digital/virtual world) gibi daha çevresel kümeler literatürün sosyal adalet, göç, eğitim ve dijitalleşme eksenlerinde derinleşmeye başladığını göstermektedir. Bu bağlamda bu döneme ait bulgular, STEM ve girişimcilik alanının yalnızca olgunlaşmakla kalmadığını, aynı zamanda uygulamaya dönük bir araştırma paradigmasına geçtiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 13. *2017-2025/Kasım Dönemi (3. Dönem) tematik küme ağı yapısı-1*

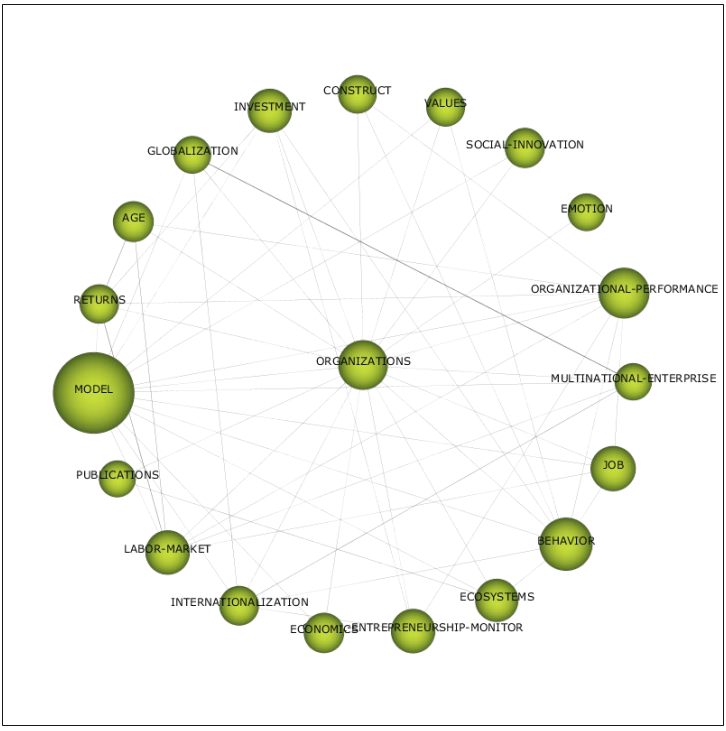
2017-2025/Kasım Dönemi (3. Dönem) tematik küme ağı yapısı-1 incelendiğinde, 2017–2025/Kasım döneminde STEM ve girişimcilik literatürünün hem yüksek düzeyde merkezileştiğini hem de çok katmanlı bir bütünleşme sergilediğini göstermektedir. Girişimcilik (entrepreneurship) temasının ağın merkezinde ve açık ara en büyük düğüm olarak konumlanması, bu kavramın alanın kuramsal ve ampirik çekirdeği olmaya devam ettiğini ortaya koymaktadır. Çevresinde yer alan girişim, iş modeli, firmalar, girişimler ve bilgi yayılımları (enterprise, business model, firms, start-ups ve knowledge spillovers) gibi yüksek hacimli temalar, girişimcilik araştırmalarının bu dönemde firma ölçeği,

yenilik süreçleri, bilgi üretimi ve yayılımı ekseninde derinleştiğini göstermektedir. Aynı zamanda STEM, STEM eğitimi, öğrenciler, bilim, yenilik ve kurumlar (STEM, STEM education, students, science, innovation ve institutions) kümelerinin ağda güçlü biçimde temsil edilmesi, STEM eğitiminin girişimcilik becerileri, inovasyon kapasitesi ve kurumsal bağlamla bütünleştiğini ortaya koymaktadır. Sosyal girişimcilik, etki ve çalışma (social entrepreneurship, impact ve work) gibi temaların görünürlüğü ise literatürün toplumsal etki, sürdürülebilirlik ve istihdam boyutlarına odaklandığını göstermektedir. Bu ağ yapısı, 2017–2025/Kasım döneminde STEM ve girişimcilik literatürünün disiplinlerarası, uygulama ve etki odaklı bir araştırma paradigmasına ulaştığını ortaya koymaktadır.



Şekil 14. *2017-2025/Kasım Dönemi (3. Dönem) tematik küme ağı yapısı-2*

2017-2025/Kasım Dönemi (3. Dönem) tematik küme ağı yapısı-2 incelendiğinde, 2017–2025/Kasım döneminde STEM ve girişimcilik literatüründe odağın belirgin biçimde birey merkezli ve kariyer yönelimli temalara kaydığını göstermektedir. Ağın merkezine yakın konumlanan girişimci/girişimcilik (entrepreneur/Entrepreneurship) kümesi, girişimciliğin bu dönemde kişisel algılar, motivasyon ve deneyim üzerinden ele alındığını ortaya koyarken; çevresinde yer alan motivasyon, roller, kariyer, geçiş, algı, deneyim ve zorluklar (motivation, roles, career, transition, perception, experience ve challenges) gibi temalar girişimcilik sürecinin öğrenciler ve bireyler açısından bir kariyer yolu, kimlik inşası ve dönüşüm süreci olarak kavramsallaştırıldığını göstermektedir. Ağlar ve liderlik (networks ve leadership) gibi kümelerin görünürlüğü, literatürde sosyal ilişkiler ve rol beklentilerine yönelik duyarlılığın arttığına işaret etmektedir. Bu ağ yapısı, 2017–2025/Kasım döneminde STEM ve girişimcilik araştırmalarının olgunlaşmış olmakla birlikte, giderek daha insan odaklı, kapsayıcı ve yaşam boyu kariyer perspektifi içeren bir yönde evrildiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 15. *2017-2025/Kasım Dönemi (3. Dönem) tematik küme ağı yapısı-3*

2017-2025/Kasım Dönemi (3. Dönem) tematik küme ağı yapısı-3 incelendiğinde, STEM ve girişimcilik literatüründe odağın belirgin biçimde modelleme, örgütsel yapı ve davranışsal-ekonomik boyutlar etrafında yoğunlaştığını göstermektedir. Model temasının ağda en büyük ve baskın düğüm olarak konumlanması, bu dönemde girişimcilik araştırmalarının iş modelleri, değer yaratma mekanizmaları ve sürdürülebilir yapıların açıklanmasına odaklandığını ortaya koymaktadır. Merkeze yakın yer alan organizasyon, ekosistem, girişimci ve ekonomik (organization, ecosystem, entrepreneur ve economic) temaları, girişimciliğin bireysel bir eylemden ziyade kurumsal bağlam, ekonomik çevre

ve ekosistem mantığı içinde ele alındığını göstermektedir. Davranış, iş, motivasyon, değerler ve profesyonel bakış açısı (behavior, job, motivation, values ve professional perspective) gibi kümelerin görünürlüğü, literatürde insan davranışı, çalışma hayatı ve değer temelli yaklaşımların güç kazandığını ortaya koyarken; yatırım, yenilik, pazar yönelimi, uygulama (investment, innovation, market orientation, application) gibi temalar girişimcilik çalışmalarının uygulamaya, piyasaya ve stratejik yönetime daha fazla entegre edildiğine işaret etmektedir. Bu ağ yapısı, 2017–2025/Kasım döneminde STEM ve girişimcilik literatürünün uygulamaya dönük bir araştırma paradigmasına ulaştığını göstermektedir.

Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, STEM ve girişimcilik alanında 1992–2025/Kasım döneminde Web of Science (WOS) veri tabanında yayımlanan 2.994 çalışmanın bibliyometrik olarak incelenmesiyle, alanın kavramsal ve tematik evrimini bütüncül bir bakış açısıyla ortaya koymuştur. Bu çalışmanın bulguları hem yayın hacminde hem de tematik çeşitlilikte belirgin bir artış olduğunu, STEM'in başlangıçtaki sınırlı eğitim odağından çıkarak girişimcilik, inovasyon, bilgi yayılımı, örgütsel yapı ve toplumsal bağlam gibi geniş bir alanla bütünleştiğini göstermektedir. Dönem bazlı değerlendirildiğinde Birinci dönem (1992–2006) bulguları, alanın keşif ve kavramsallaştırma evresini yansıtmaktadır. Girişimcilik temasının merkezî ve baskın olması, STEM'in henüz doğrudan bir inceleme alanı olarak ele alınmadığını; çalışmaların ise daha çok bireysel deneyim, firma temelli analizler ve sosyal girişimcilik çerçevesinde şekillendiğini göstermektedir. İkinci dönem (2007–

2016) bulguları model odaklı, uygulamaya yönelik ve sistem temelli bir dönüşüme işaret etmektedir. İş modeli, ekosistemler, STEM eğitimi, göstergeler ve rekabet gibi temaların merkezî hâle gelmesi; girişimcilik araştırmalarının eğitim, örgüt yapıları ve inovasyon süreçleriyle daha güçlü entegrasyonunu göstermektedir. Bu dönem, STEM ve girişimcilik ilişkisinin kuramsal çerçeveden çıkarak çok aktörlü ve uygulama temelli bir yapıya evrildiği aşamaya geçildiğini göstermektedir. Üçüncü dönem (2017–2025/Kasım) ise literatürün açıkça genişlediği ve derinleştiği evreyi temsil etmektedir. STEM eğitimi, girişimcilik niyeti, iş modeli, örgütler, kadın girişimcilik, sanal/dijital dünya, kariyer ve motivasyon gibi temaların bir arada ve güçlü bağlarla temsil edilmesi; alanın disiplinlerarası bir olgunluk evresine ulaştığını göstermektedir.

Çalışma sonuçları doğrultusunda STEM ve girişimcilik arasındaki ilişkinin farklı teorik modellerle desteklenerek daha bütüncül teorik çerçeveler oluşturulması, STEM ve girişimcilik alanına yönelik disiplinlerarası çalışmaların artırılması, STEM tabanlı girişimcilik eğitimlerinin müfredata entegre edilmesi, üniversitelerde teknoloji transfer ofisleri, kuluçka merkezleri ve akademik girişimciliği destekleyen yapıların güçlendirilmesi, öğrencilerin girişimcilik ekosistemlerine erişimini kolaylaştıracak mentorluk programları, start-up temelli yarışmalar ve işbirlikçi AR-GE faaliyetlerinin arttırılması önerilmektedir. Araştırmacılar bağlamında ise SciMAT analiz sonuçları, özellikle bilgi yayılımı, modelleme, iş modelleri ve ekosistem yapıları gibi temaların gelecekte derinleşmesine açık olduğunu göstermektedir. Bu alanlarda hem nitel hem nicel çalışmalar yapılması, politika yapıcı-

lara yönelik ise STEM odaklı girişimciliği destekleyen mekanizmalar oluşturulması, üniversite–sanayi iş birliklerinin yaygınlaştırılması önerilmektedir.

Bu çalışma, STEM ve girişimcilik literatürüne ilişkin kapsamlı bir dönemsel model sunarak alandaki tematik evrimi somut biçimde ortaya koymuştur. Bulgular, literatürün giderek daha uygulama odaklı, karmaşık, disiplinlerarası ve kapsayıcı bir yönelim kazandığını göstermektedir. Elde edilen sonuçların hem akademik araştırmalara hem de eğitim politikalarına somut katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

Acs, Z. J., Autio, E., & Szerb, L. (2014). National systems of entrepreneurship. *Research Policy, 42*(3), 479-496. https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.08.016

Al Hamad, N. M., Adewusi, O. E., Unachukwu, C. C., Osawaru, B. and Chisom, O. N. (2024). A review on the innovative approaches to STEM education. *International Journal of Science and Research Archive, 11*(01), 244-252. https://doi.org/10.30574/ijsra.2024.11.1.0026

Cobo, M. J., López-Herrera, A.G., Herrera-Viedma, E. ve Herrera, F. (2012). SciMAT: A new science mapping analysis software tool. *Journal of the Association for Information Science & Technology, 63*(8), 1609-1630. https://doi.org/10.1002/asi.22688

Deng, W., Chen, G., & Feng, R. (2025). The STEM curriculum integration through big ideas and learning progression Frameworks: attitudes and insights from teacher and student. *Research in Science & Technological Education,* 1-17. https://doi.org/10.1080/02635143.2025.2555184

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (2000). The dynamics of innovation. : from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university–industry–government relations. *Research Policy, 29*(2), 109-123. https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4

Gaspar Pacheco, AI., Ferreira, J., Simoes, J., Mota Veiga, P., Dabic, M. (2024). Mechanisms for facilitating academic entrepreneurship in higher education. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research, 30*(6), 1448-1479, https://doi.org/10.1108/IJEBR-04-2023-0333

Hamdouna, M., & Khmelyarchuk, M. (2025). Technological Innovations Shaping Sustainable Competitiveness—A Systematic Review. *Sustainability, 17*(5), 1953, 1-45. https://doi.org/10.3390/su17051953

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education, 3*(11), 1-11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Raman, R., Alka, T. A., Suresh, M., Nedungadi, P. (2025). Social entrepreneurship and sustainable technologies: Impact on communities, social innovation, and inclusive development. *Sustainable Technology and Entrepreneurship, 4*(3), 1-18. https://doi.org/10.1016/j.stae.2025.100110

Rasmussen, E., & Sørheim, R. (2006). Action-based entrepreneurship education. *Technovation, 26*(2), 185-194. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2005.06.012

Shane, S., & Venkataraman, S. (2000). The promise of entrepreneurship as a field of research. *Academy of Management Review, 25*(1), 217-226. https://doi.org/10.2307/259271

Sipahi Döngül, E. (2024). Örgütsel inovasyon üzerine yapılan çalışmaların bibliyometrik analizi. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi, 9*(23), 117-132. https://doi.org/10.25204/iktisad.1359997

Tseng, C, Tseng, C (2019). Corporate entrepreneurship as a strategic approach for internal innovation performance. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship, 13*(1), 108-120, https://doi.org/10.1108/APJIE-08-2018-0047

Wright, M., Clarysse, B., Mustar, P., & Lockett, A. (2007). Academic entrepreneurship in Europe. Cheltenham: Edward Elgar Publishing. https://doi.org/10.4337/9781847205575

Zott, C., Amit, R., & Massa, L. (2011). The business model: Recent developments. *Journal of Management, 37*(4), 1019-1042. https://doi.org/10.1177/0149206311406265

STEM Eğitimi ve Öğretim Programları: Kuramsal Temeller ve Küresel Eğitim Sistemlerinden Örnekler

Aylin GÜNGÖR Hasan ÖZCAN

Aksaray Üniversitesi

Öz

Bu bölüm, STEM eğitiminin tarihsel gelişimini, kuramsal temellerini ve farklı ülkelerin öğretim programlarına entegrasyon biçimlerini bütüncül bir çerçevede incelemeyi amaçlamaktadır. STEM eğitimi fen, teknoloji, mühendislik ve matematiği bütünleştiren; yapılandırmacı öğrenme, sorgulamaya dayalı öğrenme, proje ve problem temelli öğrenme, mühendislik tasarım süreci ve olgu temelli öğrenme gibi yöntemlere dayanan çağdaş bir eğitim paradigması olarak ele alınmaktadır. ABD, Singapur, Finlandiya, Güney Kore ve İngiltere örnekleri üzerinden, inovasyon, 21. yüzyıl becerileri, sürdürülebilirlik ve dijital dönüşümün ortak politika eksenleri olduğu vurgulanmaktadır. Öğretim programı düzeyinde disiplinler arası–üstü–ötesi yapıların, performansa ve sürece dayalı değerlendirme yaklaşımlarının ve öğretmen yeterliklerini önceleyen mesleki gelişim modellerinin belirleyici olduğu görülmektedir. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin disiplinler arası fen–mühendislik entegrasyonu, süreç temelli ölçme-değerlendirme anlayışı, sistem ve sürdürülebilirlik okuryazarlığını merkeze alan programlar arası bileşenleriyle bu küresel eğilimlerle yüksek düzeyde uyum taşıdığı

ISBN: 978-625-6276-47-5

belirtilmektedir. Bununla birlikte, sınav merkezli yapı ve uygulama rehberliğine duyulan ihtiyaç, modelin sahadaki etkililiğini sınırlayan başlıca unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Sonuç olarak, STEM eğitiminin geleceğinin, sistem düşüncesi, dijital veri okuryazarlığı ve sürdürülebilirlik odaklı problem çözmenin merkezde olduğu daha bütüncül eğitim yaklaşımlarına doğru evrildiği ifade edilebilir. Bu çerçeve, program geliştiriciler ve politika yapıcılar için disiplinler arası standartların netleştirilmesi, mühendislik tasarım döngüsünün tüm kademelerde güçlendirilmesi ve uzun soluklu hizmet içi eğitimlerinin yaygınlaştırılması bakımından öneriler sunmaktadır.

Giriş

STEM eğitimi, günümüzde yalnızca bir öğretim modeli değil; aynı zamanda disiplinler arası bir öğrenme kültürü, pedagojik paradigma ve çağdaş eğitim felsefesi olarak kabul edilmektedir. Kavramın temelleri 1980'li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde atılmıştır. Ulusal Bilim Kurulu'nun 1986 tarihli raporlarında fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin entegrasyonuna dayalı bir model önerilmiş, 1990'larda "SMET" olarak adlandırılan bu yaklaşım, 1996'da Ulusal Bilim Vakfı (NSF) tarafından "STEM" terimiyle resmileştirilmiştir (Su ve Chang, 2024). Bu dönem, Soğuk Savaş sonrası bilim ve teknoloji odaklı ekonomik rekabetin yoğunlaştığı, bilgi toplumuna geçişin hızlandığı ve dijital dönüşümün eğitime yansımaya başladığı bir döneme karşılık gelmektedir. Dolayısıyla STEM eğitiminin doğuşu yalnızca pedagojik bir yenilik değil; ekonomik, politik ve toplumsal dönüşümlerin de bir yansıması olarak düşünülebilir.

1980'lerden itibaren STEM eğitimi hızla küresel bir eğitim paradigmasına dönüşmüştür. ABD'de başlatılan bu hareket, inovasyon, üretkenlik ve ekonomik rekabeti güçlendirme hedefleriyle diğer ülkelere de yayılmıştır. Özellikle eski ABD Başkanı Obama yönetiminin "Educate to Innovate" girişimi, öğrencilerin bilim ve mühendislik alanlarına yönelimini artırmak ve ülkenin yenilik kapasitesini güçlendirmek amacıyla STEM eğitimini ulusal öncelik haline getirmiştir (Aguilera vd., 2021). Bu süreçte OECD, UNESCO ve PISA gibi uluslararası kuruluşlar da STEM eğitiminin yaygınlaşmasında ve politik düzeyde ye edinmesinde belirleyici bir rol oynamıştır. OECD'nin eğitimde inovasyon raporları, UNESCO'nun "21.

Yüzyıl Becerileri" çerçevesi ve PISA'nın fen okuryazarlığı göstergeleri, ülkelerin öğretim programı reformlarını yönlendiren temel referanslar haline gelmiştir (Boğar ve Lavonen, 2022). "STEM for All", "STEM pipeline" ve "Education for Innovation" gibi küresel stratejiler, her öğrencinin bilim ve teknolojiyle etkileşim içinde olmasını, yenilikçi düşünme becerilerinin gelişmesini ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlamasını hedeflemektedir (TVERC ,2022; Calvo- Utrilla vd., 2025).

STEM eğitimi, doğası gereği disiplinler arası bir yapıya sahiptir. Fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarının bütünleşik biçimde ele alınması, öğrencilerin karmaşık gerçek dünya problemlerini çözme becerilerini geliştirmesini sağlar. Bu yaklaşım, geleneksel "ayrık disiplin" anlayışından farklı olarak bilgi transferi, iş birliği, yaratıcılık ve eleştirel düşünmeyi merkeze almaktadır (Ertan Özen ve Kaplan, 2023). STEM eğitimi aynı zamanda 21. yüzyılın anahtar yetkinlikleri olarak tanımlanan problem çözme, yaratıcılık, iletişim, iş birliği ve dijital okuryazarlık becerilerinin gelişimini destekler (Calvo-Utrilla vd., 2025). Bu yönüyle STEM eğitimi, yalnızca bir öğretim yaklaşımı değil, bilgi toplumuna uyumlu bireyler yetiştirmeye yönelik stratejik bir eğitim vizyonudur.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, STEM eğitiminin çoğunlukla uygulama temelli etkinlikler, öğretmen yeterlikleri ve öğrenci başarısı gibi pratik yönleri üzerinden incelendiğini göstermektedir (Asigigan ve Samur, 2021). Ancak öğretim programlarının kuramsal yapısı, entegrasyon düzeyleri ve sürdürülebilirlik temelli öğrenme hedefleri üzerine yapılan çalışmalar daha sınırlı kalmıştır. Alanyazın, bu yönüyle STEM eğitiminin kavramsal temellerini açıklamada parçalı bir

görünüm sergilemektedir. Bu nedenle, STEM eğitiminin tarihsel, pedagojik ve politik boyutlarını bir arada ele alan sentez çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Gök ve Sayıcı, 2022). Bu bölüm, alanyazındaki bu birikimi bir araya getirerek STEM eğitiminin disiplinler arası gelişimini, politik yönelimlerini ve öğretim programlarıyla etkileşimini bütüncül biçimde açıklamayı amaçlamaktadır.

Küresel ölçekte farklı ülkeler, kendi sosyo-kültürel ve ekonomik bağlamlarına göre özgün STEM eğitimi modelleri geliştirmişlerdir. Singapur, "Düşünen Okullar – Öğrenen Ulus" politikasıyla kavramsal derinlik ve uygulama bütünlüğünü esas alırken; Finlandiya, Olgu temelli öğrenme modeliyle disiplinler arası bütünleşmeyi kurumsallaştırmıştır (Kwek, 2021; Schaffar, 2024). ABD, STEM eğitiminin kavramsal merkezini oluşturarak mühendislik tasarım sürecini öğretim programlarına entegre etmiş; İngiltere, sanayi–eğitim iş birliğini güçlendiren "STEM pipeline" politikalarıyla öne çıkmıştır (TVERC ,2022; Su ve Chang, 2024). Güney Kore ise yaratıcılığı ve inovasyonu vurgulayan STEAM modelini geliştirmiştir (Ortiz-Revilla vd., 2021). Bu örnek ülkeler, STEM eğitiminin farklı yönlerini temsil eden çeşitli politika, öğretim programı ve pedagojik yaklaşımlarıyla, küresel eğilimlerin çok boyutlu yapısını anlamada yol gösterici niteliktedir.

Türkiye'de STEM eğitimi anlayışı son on yılda önemli bir dönüşüm geçirmiştir. 2018 yılında yenilenen Fen Bilimleri Öğretim Programı, FeTeMM (STEM) yaklaşımını sistematik biçimde entegre etmiş ve öğrencilerin bilimsel okuryazarlıklarını mühendislik ve teknoloji temelli uygulamalarla geliştirmeyi hedeflemiştir (Gök ve Sayıcı, 2022). 2024 yılında yürürlüğe giren Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Fen

Bilimleri Öğretim Programı ise bu süreci daha kapsamlı bir yapıya taşımıştır. Yeni model, disiplinler arası öğrenmeyi merkeze alırken, gerektiğinde disiplinler üstü yaklaşımlardan da yararlanmakta; mühendislik ve tasarım becerileri aracılığıyla öğrencilerin problem çözme, yaratıcılık ve sürdürülebilirlik bilinci kazanmalarını amaçlamaktadır (Millî Eğitim Bakanlığı, 2025). Programda fen okuryazarlığı yalnızca bilimsel bilgi edinimi değil, aynı zamanda çevre, ekonomi ve toplumsal yaşamla bütünleşmiş bir farkındalık alanı olarak ele alınmaktadır.

Bu kitap bölümü, STEM eğitiminin kuramsal temellerini ve öğretim programlarıyla olan ilişkisini küresel bir perspektiften ele almak amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmada, STEM eğitiminin tarihsel gelişimi, uluslararası politika çerçeveleri ve 21. yüzyıl becerileriyle olan bağlantısı incelenmektedir. Bölüm, farklı ülkelerin STEM eğitimi yaklaşımlarını karşılaştırma amacı gütmeden; ABD, Finlandiya, Singapur, Güney Kore, İngiltere ve Türkiye gibi örnek ülkeler üzerinden küresel eğilimleri açıklamayı hedeflemektedir. Bu ülkelerin eğitim politikaları, öğretim programı yaklaşımları ve pedagojik uygulamaları, STEM eğitiminin disiplinler arası yapısının farklı bağlamlarda nasıl yorumlandığını göstermesi açısından ele alınmıştır. Buradan hareketle bu çalışma, STEM eğitiminin ulusal öğretim programlarına entegrasyonuna dair kuramsal bir çerçeve sunmayı, Türkiye Yüzyılı Maarif Modelinin küresel eğilimlerle ilişkisinin kavramsal temellerini ortaya koymayı ve gelecekteki STEM eğitimi politikalarına katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Kuramsal Temeller ve Yaklaşımlar

STEM eğitimi, farklı disiplinleri bütünleştirerek öğrencilerin gerçek yaşam problemlerini çözmelerini, yenilikçi düşünmelerini ve bilgiye anlamlı biçimde ulaşmalarını hedefleyen çağdaş bir eğitim felsefesidir (Aguilera vd., 2021). Bu yaklaşım, öğrenmenin yalnızca bilgi aktarımıyla sınırlı kalmadığı; aksine bireyin bilgiyi yapılandırma, uygulama ve dönüştürme sürecine aktif olarak katıldığı bütünleşik bir öğrenme modeli sunar (Calvo-Utrilla vd., 2025).

STEM Eğitiminin Kuramsal Temelleri

STEM eğitiminin pedagojik temeli, yapılandırmacı öğrenme (constructivism) anlayışına dayanır. Bu yaklaşım, öğrencilerin bilgiyi pasif biçimde almak yerine kendi öğrenme süreçlerinde etkin rol üstlenmelerini savunur (Hu ve Guo, 2021). Yapılandırmacı temelde STEM eğitimi, öğrencilerin bilimsel düşünme, keşfetme ve üretme süreçlerine aktif katılımını gerektirir (MEB, 2025). Bu bağlamda, öğrenme ortamı öğretmenden öğrenciye bilgi aktarımını değil, öğrencilerin deneyim, gözlem ve sorgulama yoluyla anlam inşasını teşvik eder.

Bu pedagojik temelin uygulamadaki yansımaları; sorgulamaya dayalı öğrenme (Inquiry Based Learning – SDÖ), problem tabanlı öğrenme (Problem-Based Learning – PTÖ), proje tabanlı öğrenme (Project-Based Learning – PJTÖ) ve mühendislik tasarım süreci (Engineering Design Process – MTS) gibi yöntemlerle somutlaşmaktadır (d'Escoffier vd., 2024; Wilson vd., 2025). SDÖ, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini kullanarak bilgiye ulaşmalarını desteklerken, PTÖ ve PJTÖ

gerçek yaşam problemleri üzerinden iş birliği, iletişim ve eleştirel düşünme becerilerinin gelişimini sağlar (Belcher vd., 2025). MTS ise özellikle mühendislik ve teknoloji disiplinlerinde, yaratıcılığı ve yenilikçiliği teşvik eden döngüsel bir öğrenme süreci sunar (Deng vd., 2025).

Bu kuramsal yaklaşımlar, STEM eğitiminin temel amacını oluşturan 21. yüzyıl becerilerini kazandırmada kritik bir rol oynar. Öğrenciler, STEM eğitimi temelli etkinlikler aracılığıyla karmaşık problemlere çözüm üretme, bilgiye eleştirel yaklaşma, yenilikçi fikirler geliştirme, etkili iletişim kurma ve ekip çalışması yürütme gibi üst düzey beceriler edinir. Böylece öğrenme süreci bilişsel, sosyal ve duyuşsal boyutlarda bütünleşir (Hu ve Guo, 2021).

Söz konusu kuramsal temeller, farklı ülkelerin öğretim programlarında farklı biçimlerde karşılık bulmuştur. ABD'de STEM, 1980'lerden itibaren güçlü kurumsal politikalarla desteklenen bir eğitim hareketi hâline gelmiştir (Tan vd., 2022). Singapur eğitim sistemi, "21. Yüzyıl Yeterlilik Çerçevesi" ile STEM eğitiminin gerektirdiği becerileri açık biçimde tanımlamıştır (Gök ve Sayıcı, 2022). Finlandiya öğretim programı, PISA çerçevesiyle uyumlu olarak bilimsel okuryazarlığı, eleştirel düşünmeyi ve Olgu temelli öğrenmeyi merkeze almıştır (Boğar ve Lavonen, 2022). Güney Kore, STEM eğitimine sanatı entegre ederek STEAM modeliyle yaratıcılığı ön plana çıkarmıştır (Ortiz-Revilla vd., 2021). İngiltere'de ise "STEM pipeline" politikası, eğitimle sanayi arasında köprü kuran uygulamalarla desteklenmiştir (Quraan vd., 2019). Türkiye'de 2018 Fen Bilimleri Öğretim Programı ve son olarak Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (2024), "Mühendislik ve Tasarım Becerileri" başlığı altında STEM eğitimi entegrasyonuna

sistematik bir alan açmıştır. Bu yaklaşım, öğrencilerin ürün geliştirme, yenilikçi düşünme ve sürdürülebilir çözümler üretme becerilerini güçlendirmeyi hedeflemektedir (Ülçay, 2024).

STEM Eğitiminin Öğretim Programlarına Yansıması

STEM eğitimi modern eğitim sistemlerinin dijital dönüşüm ve bilgi temelli ekonomi doğrultusunda ihtiyaç duyduğu nitelikli insan gücünü yetiştirmeyi amaçlayan disiplinler arası bir yaklaşımdır. Öğretim programlarına entegrasyonunun temel amacı, öğrencilerin teorik bilgiyi gerçek yaşam problemlerine uygulayarak problem çözme, yenilikçilik ve yaratıcılık kapasitelerini geliştirmektir. Bu bağlamda STEM eğitimi, yalnızca dört disiplinin bir araya gelmesi değil, öğrenmenin doğasına ve öğretim süreçlerine yönelik bütüncül bir dönüşümü temsil eder (Akçay Malçok ve Ceylan, 2020).

STEM Entegrasyonu ve Öğretim Programları

STEM eğitiminin pedagojik temelleri, öğrencilerin bilgiyi edilgen biçimde almak yerine aktif olarak inşa etmesini öngören yapılandırmacı öğrenme anlayışına dayanır. Öğretim programlarında bu entegrasyon, öğrencilerin öğrenme sorumluluğunu üstlendiği, sorgulama, keşif ve uygulama temelli metodolojiler aracılığıyla gerçekleşir (Hu ve Guo, 2021). Bu kapsamda en yaygın kullanılan yaklaşımlar şunlardır:

Sorgulamaya Dayalı Öğrenme

Sorgulamaya Dayalı Öğrenme (SDÖ), STEM eğitimi bağlamında öğrencilerin bilgiyi aktif olarak inşa etmelerini destekleyen, yapılandırmacı felsefeye dayanan öğrenci merkezli bir

pedagojik yaklaşımdır (Wilson vd., 2025). Bu temel felsefe, öğrenenlerin bilgiyi çevreleriyle olan deneyimler ve etkileşimler aracılığıyla kendilerinin oluşturduğu varsayımına dayanır. IBL, öğrencileri bilim insanlarının kullandığı sistematik araştırma yöntemlerini kullanmaya teşvik ederek bilimsel düşünme becerilerini geliştirir (Chu vd., 2021).

Bu yaklaşım, öğrencilerin gözlem yapma, merakla sorular sorma, araştırma problemini tanımlama, hipotezler oluşturma, araştırma planlama, veri toplama, kanıtları kullanma ve çıkarım yapma gibi süreçlere aktif katılımını içerirken; aynı zamanda bilimsel muhakeme, süreç ve prosedürel becerilerin derinleştirilmesine odaklanır (Tan vd., 2017; Hu ve Guo, 2021).

IBL, problem tabanlı öğrenme ile birleşerek, öğrencileri gerçek dünya sorunlarını çözmeye yönlendirir. Bu sayede IBL; eleştirel düşünme, yaratıcılık ve problem çözme gibi 21. yüzyıl becerilerinin gelişimine katkı sağlar (Kaewmanee vd., 2024). Öğrenci odaklı keşif ve sorgulama sürecini önceliklendiren IBL, öğrencilerin özerk sorgulayıcılar olarak bir araştırmacı kimliği kazanmasını destekler (OECD, 2024).

Proje ve Problem Tabanlı Öğrenme (PjTÖ/PTÖ)

Proje Tabanlı Öğrenme (***PjTÖ***) ve Problem Tabanlı Öğrenme (***PTÖ***), STEM eğitiminde disiplinler arası entegrasyonu sağlayan, öğrenci merkezli ve yapılandırmacı yaklaşımlardır (Su, 2024). Bu yaklaşımlar, öğrencileri bilimsel ve matematiksel ilkeleri kullanarak karmaşık, gerçek dünya problemlerini çözmeye yönlendirir. STEM eğitiminin temel amacı, öğrencilerin bilgi ve becerileri farklı disiplinler arasında entegre etme yeteneğini geliştirmektir (Su ve Chang, 2024).

PTÖ ve PjTÖ, öğrencilerin analiz, sentez ve değerlendirme yaparak gerçek yaşam problemlerine çözümler üretmesini sağlar. PjBL, öğretim sürecini somut bir ürün, cihaz veya rapor oluşturmaya odaklarken; PBL, problemin analizine ve çözümü için gerekli bilginin yönetimine odaklanır (Aguilera vd., 2021).

Bu yöntemler, öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme, iş birliği ve iletişim gibi temel 21. yüzyıl becerilerini edinmesini sağlarken, özellikle PjTÖ'nün ürün geliştirme aşaması yaratıcılık, yenilikçilik ve girişimcilik ruhunu teşvik ederek öğrencilerin özerk sorgulayıcılar hâline gelmesine ve gerçek dünyanın karmaşık sorunlarına eyleme dönüştürülebilir çözümler üretmesine katkıda bulunur (ILO ve UNICEF, 2021; Belcher vd., 2025).

Mühendislik Tasarım Süreci Öğrenmesi

Mühendislik Tasarım Süreci (MTS), STEM eğitiminin temel bileşenlerinden biri olarak, bilimsel ve matematiksel bilgilerin gerçek yaşam problemlerine uygulanmasını sağlayan yapılandırmacı ve sistematik bir öğrenme çerçevesi sunarak öğrencilerin karmaşık tasarım odaklı sorunları analiz etme, bu sorunları alt bileşenlerine ayırarak anlamlandırma ve bu doğrultuda yaratıcı, uygulanabilir ve yenilikçi çözümler üretme becerilerini geliştirmeyi amaçlayan deneyimsel bir pedagojik süreçtir (Ali ve Tse, 2023).

MTS, genellikle problemi tanımlama, fikir üretme, bilimsel ilkeleri uygulamaya dönüştürerek modelleme/prototip oluşturma, test etme, değerlendirme ve yeniden geliştirme gibi yinelemeli aşamaları içerir (Winarno vd., 2020). MTS'nin uygulanması, öğrencilerin yaratıcılık, eleştirel düşünme ve

sistematik problem çözme gibi 21. yüzyıl üst düzey bilişsel becerilerini geliştirmeyi ve mühendislik mantığıyla hareket ederek öğrencilerin yenilikçi ve katma değerli çözümler üretme yetkinliğini artırmayı hedefler (Lin vd., 2021).

Sürdürülebilirlik ve Olgu Temelli Öğrenme

Olgu Temelli Öğrenme (OTÖ), STEM eğitimi perspektifinde bağlam temelli öğrenmeyi esas alan ve disiplinler üstü bir yapı sunan sistematik bir pedagojik yaklaşımdır (Thanee, 2025). Bu yaklaşım, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinden gelen bilgileri karmaşık gerçek dünya sorunlarına uygulayarak bütüncül bir bakış açısı oluşturmayı hedefler (Schaffar ve Wolff, 2024).

OTÖ'nün sürdürülebilirlik okuryazarlığıyla bütünleştirilmesi, öğrencilerin çevresel, toplumsal ve ekonomik sistemler arasındaki çok katmanlı etkileşimleri çözümleyerek bir sistemin bileşenlerini, bu bileşenler arası ilişkileri ve sistemin amaçlarını bütüncül bir çerçevede değerlendirmeye yönelik gelişmiş bir sistem düşüncesi becerisi edinmesini olanaklı kılar (Thanee, 2025).

Sürdürülebilirlik odaklı STEM eğitimi uygulamaları, öğrencilerin sorumluluk bilinci kazanmasını ve problemleri ele alırken çözüm odaklı bir zihniyet geliştirmesini teşvik eder (Ortiz-Revilla vd., 2021). Öğrenciler, geliştirdikleri yenilikçi çözümlerin ve tasarımların işlevsel, ekonomik ve sürdürülebilir olmasını hedefler, bu da sistematik problem çözme yeteneklerini eyleme dönüştürme fırsatı sunar (MEB, 2025).

Öğretim Programlarında STEM Eğitiminin Yapısal Boyutları

STEM eğitimi programlarının yapısal boyutları, disiplinlerin salt pedagojik yöntemlerle bir araya getirilmesinin ötesinde, bütünleşik öğrenme hedeflerini gerçekleştirmek üzere tasarlanmış kapsamlı bir çerçeveyi gerektirir (Su ve Chang, 2024). Bu yaklaşım, fen, teknoloji, mühendislik ve matematiğin entegrasyonuyla gerçek dünya problemlerini çözmeyi amaçlar.

Öğrenme Çıktıları ve Yetkinlikler

STEM eğitimi programlarının yapısal bileşenleri, bilgi, bilme-yöntemi, tutumlar ve bağlam gibi yedi boyutu kapsayan bütünleşik yeterlilik geliştirmeye odaklanır (Ortiz-Revilla vd., 2021). Programların merkezinde, bireyleri geleceğin esnek ve karmaşık sosyal ortamına hazırlamak için 21. yüzyıl becerileri yer alır; bunlar arasında iletişim, iş birliği, eleştirel düşünme, yaratıcılık ve problem çözme gibi temel yetkinlikler bulunur (TVERC, 2022). Bu beceriler, bazen transversal beceriler olarak tanımlanır ve Finlandiya gibi ülkelerin öğretim programlarında bilimsel okuryazarlığı desteklemek amacıyla konulara entegre edilmeye çalışılır (Boğar ve Lavonen, 2022).

Disiplinlerarası Tasarım

STEM alanlarının entegrasyonu, disiplinlerin bir araya gelme düzeyine göre tasarlanır. Konuların ortak bir tema etrafında ayrı ayrı işlendiği çok disiplinli yaklaşım; yakından ilişkili kavramların iki veya daha fazla disiplinden öğrenildiği disiplinler arası yaklaşım; ya da bilgi ve becerilerin gerçek dünya problemleri ve projelerine uygulandığı disiplinler üstü yaklaşım (Forawi vd., 2024). Bu bütünleşik yapı, program metinlerinde sıklıkla tema, ünite veya bağlam yoluyla ifade

edilir. Ayrıca, olgu tabanlı entegrasyon veya uzun vadeli tema projeleri gibi organizasyon biçimleriyle de vurgulanır (TVERC, 2022).

Öğrenme Yaşantıları ve Program Organizasyonu

Öğrenme yaşantıları, öğrencilerin STEM eğitimi içeriğini kullanmaları için otantik ve gerçek yaşam ortamları sunarak, STEM alanlarını önemli ölçüde bir araya getirmelidir. (Le vd., 2023). Deneyimsel öğrenme, genellikle karmaşık ve uzun süreli bir problemin ön plana çıkarıldığı Proje Tabanlı Öğrenme (PjTÖ) ve Sorgulamaya Dayalı Öğrenme (SDÖ) temel alınarak yapılandırılır. Programlar, bu süreçte Mühendislik Tasarım Süreci'ni (MTS) bir araç olarak kullanır. Problem çerçeveleme ile gerçek dünya senaryolarını ilişkilendirir ve bu noktada temel ihtiyaçları tanımlar (McDonnell vd., 2025).

Ölçme-Değerlendirme Yapıları

STEM eğitimi programlarında ölçme ve değerlendirmenin temel ilkeleri, bütünleşik öğrenmeyi ve üst düzey düşünme becerilerini yansıtmalıdır (Lin vd., 2021). Bu amaçla, geleneksel değerlendirmeler yerine performansa dayalı değerlendirmeler ve proje odaklı değerlendirmeler kullanılır. Bu yapılar, öğrencilerin mühendislik tasarım yeteneklerini ve karmaşık problem çözme süreçlerini değerlendirmek üzere süreç odaklı işlenir (Yazıcıoğlu vd., 2019).

Öğretmen Yeterlilikleri ve Uygulama Koşulları

Programda öğretmenin rolü, didaktik yaklaşımdan öğrenci öğreniminin kolaylaştırıcılığına doğru değişim göstermiştir (Karalı vd., 2021). Program tasarımında, öğretmenlerin STEM

eğitimi kavram ve becerilerini bütünleştirmesi önemlidir. Öğretmen yeterlilikleri, entegre STEM eğitimi pedagojik içerik bilgisi eksikliğini gidermeyi amaçlayan mesleki gelişim kursları aracılığıyla desteklenir (Costa vd., 2022). Bazı eğitimler, karmaşık öğretim programı tasarımını sistematik hale getiren görünür düşünme yaklaşımı gibi metodolojileri öğretir (Yüksel, 2025).

Programlar Arası Bileşenler

Sistem düşüncesi, programlar arası temel bir bileşendir ve iklim krizi gibi sürdürülebilirlikle ilgili karmaşık küresel sorunları anlamak için programlar arasında önemli bir yere sahiptir (Horowitz Gassol, 2025). Bu kavramlar, bilim öğretim programlarında sistem düşüncesi bileşenleri dinamik düşünme, döngüsel düşünme vb. olarak yer alabilir (Yüksel, 2025). Aynı zamanda, örneğin, programlama gibi dijital okuryazarlık da eksenle arası yeterlilikler aracılığıyla STEM öğretim programlarına dahil edilir (Schaffar vd., 2024).

STEM Entegrasyonunun Ülke Programlarında Çerçevelenmesi

Küresel ölçekte STEM eğitimi, ülkelerin ekonomik rekabet gücünü artırma, yenilikçi insan kaynağını güçlendirme ve sürdürülebilir kalkınmaya uyum sağlama hedefleri doğrultusunda ulusal öğretim programlarında farklı biçimlerde yapılandırılmıştır. Bu çeşitlilik, STEM eğitiminin tek bir modelden ziyade her ülkenin sosyo-ekonomik yapısı, eğitim felsefesi ve politika öncelikleriyle şekillenen esnek bir çerçeve olduğunu göstermektedir (OECD, 2025). Bazı ülkeler STEM eğitimini stratejik bir inovasyon politikası olarak konumlandırırken, bazıları öğrenmenin doğasını dönüştüren

pedagojik bir yaklaşım olarak ele almaktadır. Bazıları ise özellikle sürdürülebilirlik ve dijitalleşme bağlamında disiplinler üstü bir program vizyonuna entegre etmektedir (TVERC, 2022; Schaffar vd., 2024). Bu bölümde, ABD, Singapur, Finlandiya, Güney Kore, İngiltere ve Türkiye'nin STEM eğitimini nasıl tanımladığı, öğretim programlarına nasıl entegre ettiği ve hangi pedagojik, yapısal ve bütünleştirici bileşenlerle desteklediği sistematik biçimde incelenmektedir. Böylece STEM entegrasyonunun yalnızca bir öğretim yöntemi ya da uygulama modeli değil, ülkelerin uzun vadeli eğitim politikalarını ve öğretim programı kurgularını dönüştüren bütüncül bir çerçeve olduğu ortaya konmaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri'nde STEM Eğitimi Entegrasyonu

Amerika Birleşik Devletleri, STEM eğitimini kavramını politika düzeyinde şekillendiren ve entegre STEM eğitimi yaklaşımının kuramsal temelini oluşturan öncü ülkelerden biri olduğu için örnek ülke olarak incelenmiştir. Ülkenin STEM eğitimi yapısı, küresel inovasyon politikalarının nasıl öğretim programına dönüştürüldüğüne dair önemli bir referans sunmaktadır.

Tablo 1. *Eğitim Sisteminde STEM Eğitimi Entegrasyonunun Temel Bileşenleri*

Bölüm Başlığı	**İçerik**
Ülkenin STEM Eğitimi Vizyonu ve Politik Temelleri	ABD'de STEM eğitimi, Ulusal Bilim Vakfı (NSF) tarafından kavramın yeniden çerçevelenmesiyle 2000'li yılların başında güçlü bir politika bileşeni haline gelmiştir. Ülkenin STEM eğitimi vizyonu, inovasyon kapasitesini artırmak, ekonomik rekabet gücünü korumak ve yeni nesil bilim insanları, mühendisler ve teknoloji uzmanları yetiştirmek üzerine kuruludur (Calvo-Utrilla vd., 2025). Bu vizyon doğrultusunda amaç, tüm

	öğrencilere STEM okuryazarlığı kazandırarak onları hızla dijitalleşen, küresel ölçekte rekabetçi bir topluma hazırlamaktır.
STEM Eğitiminin Öğretim Programına Entegrasyon Modeli	ABD'nin STEM eğitimi entegrasyonu modeli, geleneksel ayrık disiplin yaklaşımının yerine "Entegre STEM" (I-STEM) anlayışını benimser (Hallström vd., 2023). Bu model, iki veya daha fazla STEM disiplininin özgün bir bağlamda birleştirilmesini, kavramların gerçek yaşam durumlarıyla ilişkilendirilmesini ve mühendislik tasarım sürecinin fen ve matematik içerikleriyle bütünleştirilmesini içerir (Aguilera vd., 2021). Entegrasyon düzeyi, basit bağlamsal ilişkilendirmelerden çok disiplinli tematik bütünleşmelere kadar geniş bir aralıkta uygulanabilir (Calvo-Utrilla vd., 2025).
Pedagojik Yaklaşımlar: SDÖ, PTÖ, PjTÖ, MTS, OTÖ	Pedagojik açıdan ABD, Sorgulamaya Dayalı Öğrenme, Problem Tabanlı Öğrenme, Proje Tabanlı Öğrenme ve Mühendislik Tasarım Süreci gibi yapılandırmacı metodolojilere dayanır (Tan vd., 2024). Bu yaklaşımlar, öğrencilerin araştırma yapma, problem çözme, ürün geliştirme, yaratıcı düşünme ve iş birliği becerilerini geliştirmeyi hedefler (Sahito vd., 2024).
Yapısal Bileşenler	Yapısal bileşenlerde öğrenme çıktılarının ölçülebilir olması, disiplinler arası görevlerin kullanılması ve performansa dayalı değerlendirme öne çıkar. Öğretmenlerin entegre STEM eğitimi uygulamalarına yönelik pedagojik yeterliklerinin geliştirilmesi ise sürekli mesleki gelişim programlarıyla desteklenmektedir (Quraan vd., 2019; TVERC ,2022).
Programlar Arası Bileşenler	Programlar arası bileşenlerde dijital okuryazarlık, sistem düşüncesi ve sürdürülebilirlik, STEM okuryazarlığını tamamlayıcı yeterlikler olarak ele almaktadır (Strimel, 2012).

Singapur'da STEM Eğitimi Entegrasyonu

Singapur, TIMSS ve PISA gibi uluslararası sınavlarda uzun süredir üst düzey performans gösteren, sistematik bir Fen-STEM entegrasyon modeline sahip olması nedeniyle örnek ülke olarak seçilmiştir.

Tablo 2. *Singapur Eğitim Sisteminde STEM Eğitimi Entegrasyonunun Temel Bileşenleri*

Bölüm Başlığı	**İçerik**
Ülkenin STEM Eğitimi Vizyonu ve Politik Temelleri	Singapur'un STEM eğitimi vizyonu, fen eğitimi aracılığıyla öğrencileri yaşam, öğrenme ve geleceğin iş dünyası için güçlü bir bilimsel temelle donatmayı hedefleyen bütüncül bir eğitim felsefesine dayanır (Ministry of Education Singapore [MOE], 2024). Öğrencilerin iklim değişikliği ve kaynakların sürdürülebilir yönetimi gibi küresel sorunları anlayıp çözebilecek yetkinlikler geliştirmesi amaçlanır. TIMSS 2023'te fen ve matematik alanlarında küresel liderlik, bu vizyonun etkili biçimde uygulandığını göstermektedir (TIMSS, 2023). Eğitim politikası, öğrencilerin kendi öğrenmelerinin sorumluluğunu üstlenen sorgulayıcı bireyler olmasını hedefler (MOE, 2024).
STEM Eğitiminin Öğretim Programına Entegrasyon Modeli	STEM eğitimi entegrasyonu, fen öğretim programının bilgi–anlama–uygulama, beceri ve süreçler ile etik/tutumlar olmak üzere üç temel öğrenme alanı üzerine kurulmasıyla sağlanır. Konu temaları 3–4 ve 5–6. sınıflar için bütünleşik biçimde düzenlenir. "White Space" yapısı öğretmenlere pedagojik esneklik sunar ve programın temel odağını 21. yüzyıl yetkinliklerine yönlendirir (MOE, 2024).
Pedagojik Yaklaşımlar:	Programın temel pedagojisi Sorgulamaya Dayalı Öğrenmedir. SDÖ, öğrencilerin bilim

SDÖ, PTÖ, PjTÖ, MTS, OTÖ	insanlarının düşünme ve çalışma biçimlerini taklit ederek soru sorma, araştırma tasarlama ve kanıta dayalı açıklama yapma becerilerini geliştirmesini sağlar. Öğrenme süreci Hands-on, Minds-on ve Hearts-on öğelerini bütünleştiren kapsayıcı bir modelle desteklenir (Rezaei vd., 2022).
Yapısal Bileşenler	Yapısal bileşenlerde bilgi, beceri ve tutumların dengeli gelişimi esastır. Değerlendirme yalnızca yazılı sınavlara dayanmaz; proje çalışmaları ve portfolyolar gibi alternatif ölçme araçlarıyla tamamlanır. Öğretim organizasyonu disiplinler arası temalara dayalıdır ve uygulamaya dönük öğrenme yaşantıları merkezdedir (MOE, 2024).
Programlar Arası Bileşenler	Programlar arası bileşenler 21. yüzyıl yetkinlikleri çerçevesi doğrultusunda dijital okuryazarlık, bilgi okuryazarlığı, iletişim ve eleştirel düşünme becerilerinin sistematik biçimde geliştirilmesini hedefler (Özen vd., 2023). Öğretim programı sürdürülebilirlik farkındalığını destekleyen bütüncül bir yaklaşımı benimser.

Finlandiya'da STEM Entegrasyonu

Finlandiya, olgu temelli öğrenmeyi (OTÖ) resmi öğretim programına entegre eden nadir ülkelerden biri olup eksenler arası yeterlilikler çerçevesiyle STEM eğitimi bütüncül biçimde ele alındığı için örnek ülke olarak incelenmiştir. Eğitim sistemindeki yapısal dönüşüm, STEM eğitimi pedagojilerinin programlara yerleşme biçimini analiz etmeye imkan vermektedir.

Tablo 3. *Finlandiya Eğitim Sisteminde STEM Eğitimi Entegrasyonunun Temel Bileşenleri*

Bölüm Başlığı	**İçerik**
Ülkenin STEM Eğitimi Vizyonu ve Politik Temelleri	Finlandiya'nın STEM vizyonu, 2014 Ulusal Çekirdek Öğretim Programı ile şekillenen ve 21. yüzyılın yatay yeterliliklerini merkeze alan bir eğitim felsefesine dayanmaktadır (Boğar vd., 2022). Bu yeterlilikler, öğrencilerin bilimsel okuryazarlığını geliştirmek ve bilgiyi kişisel, yerel ve küresel bağlamlarda anlamlı biçimde kullanabilmelerini sağlamak amacıyla PISA Bilimsel Okuryazarlık Çerçevesi ile uyumlu olarak tasarlanmıştır (TVERC, 2022). Bununla birlikte, PISA 2022 sonuçları Finlandiya'nın matematik, okuma ve fen alanlarında düşüş eğilimi gösterdiğini ortaya koymuş; bu durum eğitim politikasının bilginin parçalı hale gelmesiyle (atomizasyon) mücadele etmesi gerektiğini göstermiştir (Boğar vd., 2022).
STEM Eğitiminin Öğretim Programına Entegrasyon Modeli	STEM' eğitiminin öğretim programına entegrasyonu, eksenler arası yeterliliklerin her ders ve her kademe için zorunlu bir bileşen olarak işlenmesini gerektirir (Özcan ve Gücüm, 2020). Bu yapı, AB'nin Temel Yeterlilikler çerçevesiyle paraleldir ve eleştirel düşünme, yaratıcılık, araştırma, problem çözme ve öğrenmeyi öğrenme gibi becerileri öğrenci gelişiminin merkezine yerleştirir. Programlar arası bileşenlerde dijital okuryazarlık ve sürdürülebilir bir gelecek inşa etme yeterliliği özellikle vurgulanır (Asigigan vd., 2021).
Pedagojik Yaklaşımlar: SDÖ, PTÖ, PjTÖ, MTS, OTÖ	Pedagojik düzeyde Finlandiya, Olgu Temelli Öğrenme yaklaşımını öğretim programına dahil eden öncü ülkelerden biridir (Schaffar ve Wolff, 2024). OTÖ; yapılandırmacılık, Problem Tabanlı Öğrenme ve Sorgulamaya Dayalı Öğrenme üzerine inşa edilmiş olup disiplinler üstü

	bütünleşmeyi, iş birliğini ve ortak sorumluluk almayı temel alır (Ciuciulkiene, Bielaglove ve Culadiene, 2024). Bu yaklaşım, öğrencilerin karmaşık problemleri bağlam içinde analiz etmesini ve çoklu perspektiflerle çözüm üretmesini destekler. (Schaffar vd., 2024)
Yapısal Bileşenler	Finlandiya'da yapısal bileşenler, eksenle arası yeterliliklerin tüm derslere entegre edilmesiyle öğrenme çıktılarının bilgi, beceri ve tutum boyutlarını kapsayacak şekilde bütünleştirilmesine dayanır (Özcan vd., 2020). Öğretmenlerden, öğrencilerin bu yeterlilikleri kazanmasını sağlamak amacıyla onları STEM eğitimi etkinliklerine aktif biçimde yönlendirmeleri beklenir (Lavonen, 2020). Böylece bilimsel okuryazarlık yalnızca kavramsal bilgi değil, tutum ve uygulama düzeylerinde de güçlendirilmiş olur.
Programlar Arası Bileşenler	Programlar arası bileşenlerde dijital okuryazarlık, sürdürülebilirlik ve sistem düşüncesi çeşitli derslerin içine gömülü olacak biçimde işlenir (Boğar, 2022). Bu yeterlilikler, öğrencilerin hem yerel hem küresel problemlere yönelik farkındalığını artırmayı ve disiplinler üstü düşünme becerilerini geliştirmeyi amaçlar.

Güney Kore'de STEM Eğitimi Entegrasyonu

Güney Kore, STEM eğitimine sanat ve beşerî bilimleri ekleyerek STEAM eğitimi modelini geliştiren ve disiplinler arası yakınsamayı ulusal eğitim politikası haline dönüştürdğü için örnek bir ülke olarak incelenmiştir. TIMSS'teki yüksek başarıları, modelin sonuçlarını değerlendirmek açısından önemli bir veri sunmaktadır.

Tablo 4. *Güney Kore Eğitim Sisteminde STEM Eğitimi Entegrasyonunun Temel Bileşenleri*

Bölüm Başlığı	**İçerik**
Ülkenin STEM Eğitimi Vizyonu ve Politik Temelleri	Güney Kore, TIMSS 2023 sonuçlarında fen ve matematik alanlarında üst sıralarda yer alarak güçlü bir bilim ve teknoloji altyapısına sahip olduğunu göstermektedir (PİSA, 2022). Ülkenin STEM eğitimi vizyonu, 2011 yılında sanat ve beşerî bilimlerin STEM eğitimine eklenmesiyle oluşturulan STEAM eğitimi modeli çerçevesinde şekillenmiştir (Kim, 2022). STEAM, "yakınsama (convergence)" yaklaşımını merkeze alarak öğrencilerin yaratıcılığını, yenilikçi düşünmesini ve gerçek yaşam problemlerini çözme kapasitesini geliştirmeyi amaçlar (Kim ve Chae, 2016). 2015 revize ulusal öğretim programında, disiplinlerden bağımsız olarak bilgi, beceri ve deneyimlerin bir araya gelmesiyle "yeni şeyler yaratma" becerisi temel yetkinliklerden biri olarak tanımlanmıştır (Teo vd., 2021).
STEM Eğitiminin Öğretim Programına Entegrasyon Modeli	STEAM eğitiminin programlara entegrasyonu, 21. yüzyıl becerileri çerçevesiyle uyumlu bir yapıdadır. Program; öğrenme ve yenilenme becerileri, bilgi–medya–teknoloji okuryazarlığı ile yaşam ve kariyer becerilerinin dengeli şekilde kazandırılmasını hedefler. Öğretim programının disiplinler arası yapısı, fen ve matematik derslerinin ötesine geçerek ana dil eğitiminde dahi küresel farkındalık, problem çözme ve eleştirel düşünme gibi yetkinliklerin geliştirilmesine katkı sağlar (Kim vd., 2016; Teo vd., 2021).
Pedagojik Yaklaşımlar: SDÖ, PTÖ, PjTÖ, MTS, OTÖ	Pedagojik açıdan STEAM eğitimi, problem çözmeye dayalı, yaratıcı ve eleştirel düşünmeyi merkeze alan öğrenci merkezli bir yaklaşım sunar. Proje ve etkinlik tabanlı STEAM eğitimi uygulamaları, öğrenmeyi öğrenme, iş birliği, karar verme ve öz-yönlendirme gibi becerileri

	güçlendirir. Yaratıcı üretim süreçleri, öğrenciyi aktif araştırmacı ve tasarımcı konumuna yerleştirir. Değerlendirmede hem süreç hem ürün odaklı ölçme yöntemlerini içeren STEAM Eğitimi Değerlendirme Modeli önerilmiştir. (Park vd., 2016)
Yapısal Bileşenler	Yapısal bileşenler, 21. yüzyıl becerilerine yönelik bilgi, beceri ve stratejilerin dengeli dağılımını esas alır. Öğrenme çıktıları; problem çözme, iş birliği, yaratıcılık ve öz-yönlendirme becerilerini kapsayacak biçimde tanımlanmıştır. Değerlendirme hem performans hem süreç odaklıdır ve öğrenci gelişiminin çok boyutlu izlenmesini sağlar (Teo vd., 2021)
Programlar Arası Bileşenler	Programlar arası bileşenlerde dijital okuryazarlık, medya okuryazarlığı, girişimcilik ve uyum gibi 21. yüzyıl becerileri merkezi bir konumdadır. Bu bütüncül yaklaşımın, Güney Kore'nin yüksek akademik başarısının ardındaki temel etkenlerden biri olduğu değerlendirilmektedir (PISA, 2022).

İngiltere'de STEM Eğitimi Entegrasyonu

İngiltere, STEM eğitimini fen ve matematik eğitiminin merkezine yerleştiren ve "STEM pipeline" yaklaşımıyla ortaöğretim sonrası alan yönelimini artırmayı hedefleyen ülkelerden biri olduğu için örnek olarak incelenmiştir. TIMSS ve PISA sonuçlarındaki eğilimler, bu politika çerçevesinin uygulamadaki etkilerini değerlendirmek açısından önemli bir temel sunmaktadır.

Tablo 5. *İngiltere Eğitim Sisteminde STEM Eğitimi Entegrasyonunun Temel Bileşenleri*

Bölüm Başlığı	**İçerik**
Ülkenin STEM Eğitimi Vizyonu ve Politik Temelleri	İngiltere'de STEM eğitimi, fen eğitimi politikalarının önemli bir bileşeni haline gelmiş ve çok sayıda ulusal proje bu başlık altında desteklenmiştir. Ancak politika düzeyinde STEM eğitimi için net ve ortak bir tanım bulunmamakta, farklı paydaşlar kavramı farklı şekillerde yorumlamaktadır. Başlangıçta çeşitliliği artırma hedefiyle çerçevelenen STEM eğitimi politikası, zamanla özellikle 16 yaş üstü fizik ve matematik alanlarına yönelimi artırmaya odaklanmıştır (Wong vd., 2016). Bu dönüşüm sürecinde İngiltere'nin STEM eğitimi stratejisinin önemli bileşenlerinden biri, öğrencilerin eğitim sürecinin tüm kademelerinde STEM eğitimi alanlarında tutulmasını hedefleyen 'STEM talent pipeline' yaklaşımı olmuştur (Smith vd., 2022). İngiltere, TIMSS 2023 8. sınıf Fen Bilimleri sıralamasında beşinci sırada yer almasına rağmen, PISA 2022 sonuçları son on yılda matematik, fen ve okuma alanlarında düşüş eğilimi gösteren 29 ülke arasında olduğunu göstermektedir (Department for Education, 2024).
STEM Eğitiminin Öğretim Programına Entegrasyon Modeli	STEM eğitimi entegrasyonu, fen, matematik ve tasarım–teknoloji derslerinin ayrı öğretim programları olarak yapılandırılması nedeniyle tam bir bütünleşme yerine parçalı bir yapı üzerinden ilerlemektedir (Murphy vd., 2023). Bu nedenle STEM eğitimi, belirgin bir ulusal çerçeveyle değil, kesişen ancak yapısal olarak ayrı duran öğrenme alanları aracılığıyla uygulanmaktadır. Program yapısı, disiplinlerin ortak hedefler etrafında buluştuğu durumlarda entegrasyonu mümkün kılsa da STEM eğitimi ulusal öğretim programının

	resmi ve tekil bir bileşeni haline getirilmemiştir (TVERC, 2022).
Pedagojik Yaklaşımlar: SDÖ, PTÖ, PjTÖ, MTS, OTÖ	İngiltere'de STEM eğitimi pedagojisi; bilimsel sorgulama, problem tabanlı öğrenme, proje çalışmaları ve tasarım–yapım etkinlikleri gibi öğrenci merkezli yöntemlerle desteklenir (Wong vd., 2016). Bu yaklaşım, disiplinler arası düşünme, problem çözme ve dijital okuryazarlık gibi becerilerin gelişimini teşvik eder. Mühendislik Tasarım Süreci (MTS), öğretim programında resmi bir pedagojik model olarak yer almasa da birçok uygulamada ürün geliştirme, tasarlama ve değerlendirme gibi MTS'ye benzer unsurlar dolaylı olarak kullanılmaktadır (Calvo-Utrilla vd., 2025).
Yapısal Bileşenler	Yapısal açıdan STEM eğitimi, yaratıcı düşünme, dijital yeterlik ve matematiksel akıl yürütme gibi temel becerilerin derslere gömülü şekilde işlenmesini destekleyen bir çerçeve sunar (Sahito vd., 2024). Değerlendirme süreçleri, öğrencilerin bağımsız öğrenme, iş birliği ve problem çözme becerilerini görünür kılacak biçimde düzenlenir. Disiplinler arasındaki yapısal ayrım nedeniyle değerlendirme uygulamaları okul ve öğretmen düzeyinde çeşitlilik göstermektedir (Calvo-Utrilla vd., 2025).
Programlar Arası Bileşenler	İngiltere'de eksenler arası yeterlilikler bağımsız bir kategori olarak tanımlanmasa da yaratıcılık, dijital okuryazarlık ve matematiksel akıl yürütme gibi beceriler fen ve matematik öğretim programının genel amaçlarına gömülü olarak işlenir (Silva vd., 2023). Programlar arası bileşenlerde odak, öğrencilerin dijital çağın gerektirdiği bilgi ve becerileri disiplinler arası bağlamlarda kullanabilme kapasitesini geliştirmektir (Ananiadou vd., 2009). Uygulamada, bilim ve matematik eğitimcilerinin STEM eğitiminin kapsamına ilişkin farklı yorumlara sahip olması, entegrasyonun okuldan okula değişen bir

	görünüm kazanmasına yol açmaktadır (Forawi vd., 2024).

Türkiye (Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli) STEM Eğitimi Entegrasyonu

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, Türkiye eğitim sisteminin yeni vizyonu olarak geliştirilmeye devam edilen yapısıyla STEM eğitimi entegrasyonunu yenilikçi ve bütüncül bir çerçevede tanımlayan bir yaklaşım sunmakta; fen–mühendislik entegrasyonu ve sürdürülebilirlik odağı ise bu dönüşüm sürecinin göstergeleri arasında yer almaktadır.

Tablo 6. *TYMM'de STEM Eğitimi Entegrasyonunun Temel Bileşenleri*

Bölüm Başlığı	**İçerik**
Ülkenin STEM Eğitimi Vizyonu ve Politik Temelleri	Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM), fen eğitiminde fen okuryazarı bireyler yetiştirmeyi temel vizyon olarak belirlemiştir. Bu vizyon, öğrencileri küresel rekabetçiliğe hazırlamayı, eleştirel düşünme, problem çözme ve yaratıcılık gibi 21. yüzyıl becerileriyle donatmayı hedefler (MEB, 2024). Program, temel bilgileri kazandırmayı ve sürdürülebilir kalkınma bilincini geliştirmeyi amaçlar (Ülçay, 2024). Türkiye'nin 2018 PISA sonuçlarında dünya ortalamasının üzerine çıkması, fen alanındaki başarıyı artırma çabalarıyla ilişkilendirilir (MEB, 2023).
STEM Eğitiminin Öğretim Programına Entegrasyon Modeli	TYMM bütüncül eğitim yaklaşımını temel alan program yapısı ile ilişkisel ve döngüsel bir yol izlemekte, aynı zamanda disiplinler arası yaklaşımı esas alırken, gerektiğinde disiplinler üstü ve disiplinler ötesi öğrenme fırsatları sunar (MEB, 2024; MEB, 2025). Fen programı; bilgi kümeleri, kavramsal ve alan becerileri, sosyal-duygusal beceriler ve değerler gibi bileşenleri bütünleştirir. STEM entegrasyonu, mühendislik ve tasarım becerileri altında, öğrencilerin

	inovasyon yapmasını ve ürün oluşturarak katma değer sağlamasını amaçlar (Karalı vd., 2021).
Pedagojik Yaklaşımlar: SDÖ, PTÖ, PjTÖ, MTS, OTÖ	TYMM, öğrenci merkezli ve bütüncül eğitim yaklaşımını benimserken, bireysel farklılıklara duyarlı farklılaştırılmış öğretimi destekler (Arslankara vd., 2024). Öğrenme yaşantılarında araştırma-sorgulamaya dayalı öğrenme, probleme dayalı öğrenme ve proje temelli öğrenme gibi yaklaşımların kullanılması beklenir. Bu yöntemler, öğrencilerin eleştirel düşünme, yaratıcılık ve problem çözme gibi üst düzey becerilerini geliştirir (MEB, 2025). Fen–mühendislik entegrasyonu, mühendislik tasarım döngüsü kullanılarak inovasyon yapmayı ve katma değer sağlayan ürünler oluşturmayı amaçlar (MEB, 2024).
Yapısal Bileşenler	TYMM; süreç temelli ve ölçülebilir öğrenme çıktıları hedeflemekte ve değerlendirmede öğrenmeyi iyileştiren, sürece odaklı ve biçimlendirici bir yaklaşımla, öğrencilerin aktif katılımını esas alır (MEB, 2025). Performans görevleri, gerçek hayatla ilişkili bilgi transferini sağlamada kritiktir ve analitik veya bütüncül dereceli puanlama anahtarları ile değerlendirilir (MEB, 2024). Öğretmen yansıtmaları, modelin dirik yapısını sürdürmek ve iyileştirme için dönüt sağlamayı amaçlar (Baz, 2024). Öğretmenlerin, tasarım uzmanları rolünde süreçleri öğrenci merkezli planlaması ve program geliştirme süreçlerinde daha fazla rol alması beklenir ancak, mevcut sınav sisteminin varlığı süreç temelli yaklaşımla çelişmekte ve rehberlik materyali eksikliği endişe yaratabilmektedir (Baz, 2024; MEB, 2025).
Programlar Arası Bileşenler	Türkiye Yüzyılı Maarif Modelinde (TYMM) sistem düşüncesi ve okuryazarlık becerileri (dijital, veri, sürdürülebilirlik) programlar arası bileşenler olarak tüm derslere entegre edilmiştir (MEB, 2025). Bu beceriler, öğrenme-öğretme süreçlerinde ilgili bağlam içinde bütünleştirilerek sunulur. Fen programı, öğrencilere doğal afetler hakkında temel bilgiler kazandırmayı ve sürdürülebilir kalkınma bilincini geliştirmeyi amaçlar ve sürdürülebilirlik ve çevre konuları, okul dışı öğrenme ortamlarının kullanımına yönelik olarak bahar aylarına denk gelen son üniteler

	şeklinde düzenlenmiştir (MEB, 2024). Sistem okuryazarlığı, tüm eğitim kademelerinde sarmal bir yapıda geliştirilmektedir (MEB, 2025).

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

STEM eğitiminin küresel ölçekte hem pedagojik hem de politik bir dönüşüm alanı olarak ele alındığı görülmektedir (Calvo-Utrilla vd., 2025). ABD, Finlandiya, Singapur, Güney Kore ve İngiltere örnekleri incelendiğinde, ülkelerin STEM eğitimine yönelik vizyonlarında yenilikçilik, araştırma kültürü, sürdürülebilirlik ve 21. yüzyıl becerilerinin kazandırılması gibi ortak ilkelerin öne çıktığı anlaşılmaktadır. STEM bu bağlamda yalnızca akademik başarıyı artıran bir eğitim yaklaşımı değil, aynı zamanda ekonomik rekabet gücünü destekleyen, dijital dönüşümün gerektirdiği yetkinlikleri geliştiren ve sürdürülebilir kalkınmaya uyum sağlayan stratejik bir politika aracıdır (Ortiz-Revilla vd., 2021). Pedagojik açıdan, ülkelerin tamamı yapılandırmacı temelli yöntemleri—Sorgulamaya Dayalı Öğrenme, Problem ve Proje Tabanlı Öğrenme, Mühendislik Tasarım Süreci ve Olgu Temelli Öğrenme merkezde konumlandırmaktadır. Bu yöntemlerin ortak noktası, öğrenciyi bilgi üretim sürecinin öznesi haline getirmesi, gerçek dünya sorunlarını çözmeye yönlendirmesi ve disiplinler arası etkileşimi desteklemesidir (MEB, 2025). Öğretim programı entegrasyonu açısından disiplinler arası yaklaşım tüm ülkelerde benimsenmiş olmakla birlikte uygulama biçimleri farklılaşmaktadır. Finlandiya ve Güney Kore'de bu bütünleşme disiplinler üstü yapılara doğru evrilirken; İngiltere ve ABD'de daha parçalı veya bağlamsal uygulamalar ön plandadır. Singapur ise içerik ve süreç bütünleşmesini aynı anda sağlayarak sistematik bir entegrasyon modeli ortaya

koymaktadır. Yapısal bileşenlerde ortak eğilim, öğrenme çıktılarının bilgi–beceri–tutum bütünlüğü içinde tanımlanması ve değerlendirme süreçlerinin performans, ürün, süreç ve portfolyo gibi çoklu araçlara dayanabilmektedir (MEB, 2024; MEB, 2025). Öğretmen yeterlikleri ise tüm sistemlerde kritik bir unsur olarak öne çıkmakta; özellikle entegre STEM uygulamalarının başarısının öğretmenlerin pedagojik içerik bilgisiyle doğrudan ilişkili olduğu vurgulanmaktadır (Baz, 2024). Programlar arası bileşenlerde dijital okuryazarlık, veri okuryazarlığı, sürdürülebilirlik ve sistem düşüncesi, ülkelerin öğretim programlarında giderek daha merkezi hale gelen ortak temalardır. Bu bileşenler, değişen küresel koşullar karşısında öğrencilerin karmaşık sistemleri analiz edebilme, teknolojiyi üretken biçimde kullanabilme ve sürdürülebilir çözümler geliştirebilme kapasitesini güçlendirmektedir (MEB, 2025).

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (TYMM) bu küresel eğilimlerle büyük ölçüde örtüşmekte; disiplinlerarası yapısı, mühendislik ve tasarım becerilerine verilen önem, süreç temelli değerlendirme yaklaşımı ve sistem okuryazarlığı bileşenleriyle çağdaş STEM vizyonunun gerektirdiği bütüncül çerçeveyi sunmaktadır (Arslankaya vd., 2024). Ancak sınav merkezli sistemin süreç temelli yaklaşımla çeliştiği ve öğretmenlerin uygulama süreçlerinde rehberlik ihtiyacının belirgin olduğu da kaynaklarda yer almaktadır (Baz, 2024).

STEM eğitimi uygulamalarının güçlenmesi için program geliştiricilere yönelik öneriler şu şekilde özetlenebilir:

1. Disiplinler arası–üstü–ötesi yaklaşımların kapsamı ve uygulama standartları daha net tanımlanabilir.

2. Mühendislik ve tasarım süreçlerinin tüm sınıf düzeylerinde tutarlı biçimde yer alması sağlanabilir.
3. Öğretmen yeterliklerini güçlendirmek amacıyla uzun süreli, uygulamalı ve modelleme temelli hizmet içi eğitimler yapılandırılabilir.
4. Performans görevleri, rubrikler ve portfolyolar için rehber materyaller geliştirilebilir; öğretmen yansıtmaları düzenli bir izleme–iyileştirme mekanizmasına dönüştürülebilir.
5. Sürdürülebilirlik, sistem düşüncesi ve dijital okuryazarlık bileşenlerinin TYMM öğrenme çıktılarıyla daha güçlü ilişkilendirilmesi ve okul dışı öğrenme ortamlarının yaygınlaştırılması desteklenebilir.

Sonuç olarak, STEM entegrasyonu küresel ölçekte yalnızca disiplinlerin bir araya getirilmesinden ibaret olmayıp; ekonomik rekabet, yenilikçilik, sürdürülebilirlik ve dijital dönüşüm gibi makro hedeflerle uyumlu, bütüncül bir eğitim vizyonuna işaret etmektedir. Finlandiya'nın transversal yeterlilik temelli PhBL modeli, Güney Kore'nin STEAM yaklaşımı, Singapur'un sistematik fen-STEM entegrasyonu, ABD'nin mühendislik merkezli yapısı ve İngiltere'nin STEM pipeline vizyonu, STEM'in farklı bağlamlarda aldığı biçimleri göstermektedir. TYMM, bu küresel örneklerle yüksek düzeyde paralellik taşımakta ve Türkiye'nin STEM dönüşümü için güçlü bir çerçeve sunmaktadır. STEM'in geleceği, sistem düşüncesi temelli okuryazarlığın, dijital veri okuryazarlığının ve sürdürülebilirlik odaklı problem çözmenin merkezde olduğu daha bütüncül bir yönelime doğru evrilmektedir.

Kaynakça

Aguilera, D., Lupiáñez, J. L., Vílchez-González, J. M., & Perales-Palacios, F. J. (2021). In search of a long-awaited consensus on disciplinary integration in STEM education. Mathematics, 9(6), 597. https://doi.org/10.3390/math9060597

Akçay Malçok, B., & Ceylan, R. (2020). Does STEM education have an impact on problem-solving skill? Kesit Akademi Dergisi, 6(25), 21–40. https://doi.org/10.29228/kesit.46371

Ali, M., & Tse, W. C. (2023). Research trends and issues of engineering design process for STEM education in K-12: A bibliometric analysis. International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST), 11(3), 695-727. https://doi.org/10.46328/ijemst.2794

Ananiadou, K., & Claro, M. (2009). 21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries (OECD Education Working Papers, No. 41). OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/218525261154

Arslankara, V. B., & Arslankara, E. (2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin felsefi temelleri: Ontolojik, epistemolojik ve aksiyolojik bakış açılarından bir değerlendirme. İstanbul Eğitim Dergisi, 1(1), 121–145. https://doi.org/10.71270/istanbulegitim.istj.1557889

Asigigan, S. I. & Samur, Y. (2021). The effect of gamified STEM practices on students' intrinsic motivation, critical thinking disposition levels, and perception of problem-solving skills. International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST), 9(2), 332-352. https://doi.org/10.46328/ijemst.1157

Bayirli, A. (2020). Singapur Eğitim Sistemi ile Türk Eğitim Sisteminin Karşilaştirilmasi Ve Türkiye İçin Çikarimlar. Uluslararası Sosyal Bilimler Akademi Dergisi (4), 1103-1131. https://doi.org/10.47994/usbad.830544

Baz, B. (2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin sınıf öğretmenlerinin görüşleri bağlamında incelenmesi. Eğitim Felsefesi ve Sosyolojisi Dergisi (Journal of Educational Philosophy and Sociology), 5(2), 106–123. https://doi.org/10.29329/jeps.2024.1105.2

Belcher, M., Confrey, J., Krupa, E. E., & Borden, M. L. (2025). The Design & Pitch Challenges in STEM: A theoretical framework for centering mathematics learning in entrepreneurial pitch competitions. Education Sciences, 15(6), 651. https://doi.org/10.3390/educsci15060651

Boğar, Y., & Lavonen, J. (2022). Status and trends of STEM education in Finland. https://www.researchgate.net/publication/364808803_Status_and_Trends_of_STEM_Education_in_Finland

Calvo-Utrilla, M., Paños, E. & Ruiz-Gallardo, J.-R. (2025). La educación STEM a debate desde la Didáctica de las Ciencias. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 22(2), 2102. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2025.v22.i2.2102

Chu, WW, Ong, ET, Ayop, SK, Mohd Azmi, MS, Abdullah, AS, Abd Karim, NS ve Tho, SW (2021). Akıllı telefonun sesli STEM pratik seti için yenilikçi kullanımı: Ortaokul sınıfları için pilot uygulama. Bilim ve Teknolojik Eğitim Araştırmaları, 41 (3), 1008–1030. https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1978963

Ciučiulkienė, N., Bielaglove, I., & Culadiene, M. (2024). Phenomenon-based learning for the enhancement of learning a foreign language in Lithuanian schools. The Eurasia Proceedings of Educational and Social Sciences, 39, 111–127. https://doi.org/10.55549/epess.877

Costa, M. C., Domingos, A. M. D., Teodoro, V. D., & Vinhas, É. M. R. G. (2022). Teacher professional development in STEM education: An integrated approach with real-world scenarios in Portugal. Mathematics, 10(21), 3944. https://doi.org/10.3390/math10213944

Deng, W., Chen, G., & Feng, R. (2025). The STEM curriculum integration through big ideas and learning progression frameworks: Attitudes and insights from teachers and students. Research in Science & Technological Education. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/02635143.2025.2555184

Department for Education. (2024). Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS) 2023: National report for England. Volume 1. https://assets.publishing.service.gov.uk/media/67a4a36381828dd65c16a81d/TIMMS_2023_national_report_for_england_volume_1.pdf

d'Escoffier, L. N., Guerra, A., & Braga, M. (2024). Problem tabanlı öğrenme ve mühendislik eğitimi sürdürülebilirlik için: Neredeyiz ve nereye gidebiliriz? Journal of Problem Based Learning in Higher Education, 12(1), 18–45. https://doi.org/10.54337/ojs.jpblhe.v12i1.7799

Ertan Özen, N., & Kaplan, K. (2023). Türkiye, Alberta, Kore ve Singapur Müfredatlarında 21. Yüzyıl Becerileri. Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (59), 322-339. https://doi.org/10.9779/pauefd.1182195

Fali, M., & Tse, W. C. (2023). Research trends and issues of engineering design process for STEM education in K-12: A bibliometric analysis. International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST), 11(3), 695-727. https://doi.org/10.46328/ijemst.2794

Forawi, S., & Al Quraan, E. (2024). Impacting factors of STEM curriculum integration and implementation. International Journal of Entrepreneurship, 28(6), 1–25. https://www.abacademies.org/articles/impacting-factors-of-stem-curriculum-integration-and-implementation.pdf

Gök, B. ve Sayıcı, E. (2022). İlköğretim Fen Bilimleri Öğretim Programlarının Karşılaştırılmasılı Olarak İncelenmesi: Türkiye, Singapur, Estonya Örneği. Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi, 13(2), 871-891. https://doi.org/10.51460/baebd.1064766

Hallström, J., & Ankiewicz, P. (2023). Design as the basis for integrated STEM education: A philosophical framework. Frontiers in Education, 8, 1078313. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1078313

Horowitz Gassol, J. (2025). Interdisciplinary and systems thinking solutions for complex challenges: A paradigm shift in undergraduate entrepreneurship education. Discover Education, 4, 295. https://doi.org/10.1007/s44217-025-00693-2

Hu, W., & Guo, X. (2021). Toward the development of key competencies: A conceptual framework for the STEM curriculum design and a case study. Frontiers in Education, 6, 684265. https://doi.org/10.3389/feduc.2021.684265

Kaewmanee, T., Srisenpila, A., & Worapun, W. (2024). Integrating 5E inquiry-based learning and STEM education to enhance grade 5 students' science process skills and achievement in friction. International Journal of Advanced and Applied Sciences, 11(12), 207–214. https://doi.org/10.21833/ijaas.2024.12.023

Karalı, Y., Palancıoğlu, V., & Aydemir, H. (2021). Comparison of Turkey and Singapore primary school science programs. Inonu University Journal of the Faculty of Education, 22(1), 866–888. https://doi.org/10.17679/inuefd.883126

Kim, H., & Chae, D.-H. (2016). The development and application of a STEAM program based on traditional Korean culture. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 12(7), 1925–1936. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1539a

Kim, Y.-H., & Na, S.-I. (2022). Using structural equation modelling for understanding relationships influencing the middle school technology teacher's attitudes toward STEAM education in Korea. International Journal of Technology and Design Education, 32, 2495–2526. https://doi.org/10.1007/s10798-021-09708-z

Kwek, D. (2021, Mart). Singapore's educational reforms toward holistic outcomes: Unintended consequences of policy layering. Brookings Institution. https://www.brookings.edu/wp-

content/uploads/2023/03/Brief_Singapores-educational-reforms-toward-holistic-outcomes_FINAL.pdf Brookings

Lavonen, J. (2020). Curriculum and Teacher Education Reforms in Finland That Support the Development of Competences for the Twenty-First Century. In F. M. Reimers (Ed.), Audacious Education Purposes (pp. 65-80). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41882-3_3

Milli Eğitim Bakanlığı. (2025). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Öğretim Programları Ortak Metni. https://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=1945

Le, H. C., Nguyen, V. H., & Nguyen, T. L. (2023). Integrated STEM approaches and associated outcomes of K–12 student learning: A systematic review. Education Sciences, 13(3), 297. https://doi.org/10.3390/educsci13030297

Lin, K.-Y., Wu, Y.-T., Hsu, Y.-T., Chang, C.-H., & Hsu, C.-Y. (2021). Effects of infusing the engineering design process into STEM project-based learning to develop preservice technology teachers' engineering design thinking. International Journal of STEM Education, 8, 1. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00258-9

Martaningsih, S. T., Maryani, I., Prasetya, D. S., Prwanti, S., Sayekti, I. C., Aziz, N. A. A., & Siwayanan, P. (2022). STEM problem-based learning module: A solution to overcome elementary students' poor problem-solving skills. Pegem Journal of Education and Instruction, 12(4), 340–348. https://doi.org/10.47750/pegegog.12.04.35

McDonnell, C. H., Adams, I. N., Hynes, M. M., Guzey, S. S., Pilotte, M. K., Strimel, G. J., Tank, K. M., & Moore, T. J. (2025). From context to connection: Client letters in STEM integration curricula. Education Sciences, 15(6), 696. https://doi.org/10.3390/educsci15060696

Millî Eğitim Bakanlığı. (2023). PISA 2022 Türkiye Raporu. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Ölçme, Değerlendirme ve Sınav Hizmetleri Genel Müdürlüğü. https://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=1970

Millî Eğitim Bakanlığı. (2024). [TYMM] Fen Bilimleri Dersi (3-8) (2024). Millî Eğitim Bakanlığı. https://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=1970

Ministry of Education Singapore. (2024). Science teaching & learning syllabus: Primary three to six (Standard/Foundation) (Implementation starting with 2023 Primary Three cohort). Ministry of Education Singapore. https://www.moe.gov.sg/-/media/files/primary/syllabus/primary-science-syllabus-2023_may24.pdf

Murphy et al. (2023). STEM Education: Curriculum & Literature Overview & Primary Science Education: Systematic Literature Review. Dublin: National Council for Curriculum and Assessment. [PDF] https://ncca.ie/media/6276/stem-education_curriculum-literature-overview-and-primary-science-education_systematic-literature-review.pdf

OECD (2024), PISA 2022 Results (Volume V): Learning Strategies and Attitudes for Life, PISA, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/c2e44201-en.

OECD (2025), OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2025: Driving Change in a Shifting Landscape, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/5fe57b90-en.

Ortiz-Revilla, J., Greca, I. M., & Arriassecq, I. (2021). A theoretical framework for integrated STEM education. Science & Education, 31(2), 383–404. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00242-x

Özcan, C., & Gücüm, B. (2020). Fen eğitiminde dünya ölçeğinde bazı ülkelerin karşılaştırılması. Turkish Journal of Educational Studies, 7(2), 208–221. https://doi.org/10.33907/turkjes.637960

Özen, N. E., & Kaplan, K. (2023). Türkiye, Alberta, Kore ve Singapur müfredatlarında 21. yüzyıl becerileri. Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 59, 322–339. https://doi.org/10.9779.pauefd.1182195

Park, H., Byun, S.-Y., Sim, J., Han, H., & Baek, Y. S. (2016). Teachers' perceptions and practices of STEAM education in South Korea. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 12(7), 1739–1753. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1531a

Quraan, A., & Forawi, S. (2019). Critical analysis of international STEM education policy themes. Journal of Education and Human Development, 8(2), 102–113. https://doi.org/10.15640/jehd.v8n2a10

Rezaei, M., Emamjomeh, S. M. R., Ahmadi, G. A., Assareh, A., & Niknam, Z. (2022). A comparative study of integrated STEM curriculum in Finland, Singapore and the United States to provide recommendations for Iranian curriculum planners.

International Journal of Curriculum and Instructional Studies Research, 14(2), 1–20. https://doi.org/10.22034/IJCE.2022.251947.1227

Sahito, Z., & Wassan, S. H. (2024). A Literature Review on STEM Education and Awareness Among Teachers: Exploring the Issues with Their Problems and Solutions. Sage Open, 14(1). https://doi.org/10.1177/21582440241236242

Schaffar, B., & Wolff, L.-A. (2024). Phenomenon-based learning in Finland: A critical overview of its historical and philosophical roots. Cogent Education, 11(1), 2309733. https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2309733

Silva, P. C., Rodrigues, A. V., & Vicente, P. N. (2023). Currículo de ciências para o ensino primário: Uma análise comparativa entre Portugal, Inglaterra, Estados Unidos, Austrália e Singapura. Arquivos Analíticos de Políticas Educativas, 31(97). https://doi.org/10.14507/epaa.31.8192

Smith, E., & White, P. (2022). Moving along the STEM pipeline? The long-term employment patterns of science, technology, engineering and maths graduates in the United Kingdom. Research Papers in Education, 37(4), 457–478. https://doi.org/10.1080/02671522.2020.1849374

Spikic, S., Van Passel, W., Deprez, H., & De Meester, J. (2023). Measuring and activating iSTEM key principles among student teachers in STEM. Education Sciences, 13(1), 12. https://doi.org/10.3390/educsci13010012

Strimel, G. (2012). Engineering by Design™: Preparing students for the 21st century. Journal of Technology Education, 24(1), 434–443.

Su, W.-S., & Chang, C.-Y. (2024). An integrative review of STEM education through word cloud analysis. Journal of Science Education and Technology. Advance online publication. https://doi.org/10.1007/s10956-024-10134-8

Tan, A.-L., Ong, Y. S., Ng, Y. S., & Tan, J. H. J. (2022). STEM problem solving: Inquiry, concepts, and reasoning. Science & Education, 32(2), 381–397. https://doi.org/10.1007/s11191-021-00310-2

Tan, L. S., Koh, E., Lee, S. S., Ponnusamy, L. D., & Tan, K. C. K. (2017). The complexities in fostering critical thinking through school-based curriculum innovation: Research evidence from Singapore. Asia Pacific Journal of Education, 37(4), 517–534. https://doi.org/10.1080/02188791.2017.1389694

Tan, L., & Wei, B. (2024). How science teachers deal with STEM education: An explorative study from the lens of curriculum ideology. Science Education. Advance online publication. https://doi.org/10.1002/sce.21904

Technological and Vocational Education Research Center (TVERC), National Taiwan Normal University & K-12 Education Administration (K12EA), Ministry of Education, Taiwan. (2022). Status and trends of STEM education in highly competitive countries: Country reports and international comparison. Technological and Vocational Education Research Center (TVERC). https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED623352.pdf

Teo, T.W., Tan, A.-L., & Teng, P. (Eds.). (2021). STEM Education from Asia: Trends and Perspectives (1st ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003099888

Thanee, J. (2025). Approaches and techniques of phenomenon-based learning: PheBL. Journal of Education and Learning Reviews, 2, 39–50. https://doi.org/10.60027/jelr.2025.790

Ülçay, O. (2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Değerlendirmesi. Ulusal Eğitim Toplum ve Dünya Dergisi, 1(2), 70-75. https://doi.org/10.5281/zenodo.11097248

Ulum, H. (2022). A meta-analysis of the effects of different integrated STEM (science, technology, engineering, and mathematics) approaches on primary students' attitudes. International Journal of Educational Research Review, 7(4), 307–317. https://doi.org/10.24331/ijere.1130948

Wilson, M. M., Zafar, F., & Nichol, C. (2025). Fostering inquiry: The impact of cross-curricular professional development on STEM teacher practices. Education Sciences, 15(4), 421. https://doi.org/10.3390/educsci15040421

Winarno, N., Rusdiana, D., Samsudin, A., Susilowati, E., Ahmad, N. J., Afifah, R. M. A. (2020). The Steps of the Engineering Design Process (EDP) in Science Education: A Systematic Literature Review. Journal for the Education of Gifted Young Scientists, 1345-1360. DOI: http://dx.doi.org/10.17478/jegys.766201

Wong, V., Dillon, J., & King, H. (2016). STEM in England: meanings and motivations in the policy arena. International Journal of Science Education, 38(15), 2346–2366. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1242818

Yazıcıoğlu, Ö., & Pektaş, M. (2019). A comparison of the middle school science programmes in Turkey, Singapore and Kazakhstan. International Electronic Journal of Elementary Education, 11(5), 469–482. https://doi.org/10.26822/iejee.2019248588

Yüksel, A. O. (2025). Design-based STEM activities in teacher education and its effect on pre-service science teachers' design thinking skills. Journal of Science Education and Technology, 34, 904–918. https://doi.org/10.1007/s10956-025-10215-2

Okul Öncesi Öğretmenleri için STEM Eğitimi Uygulamaları

Fatma Büşra AKSOY KUMRU Seda USTA GEZER

Burçin ACAR ŞEŞEN

İstanbul Üniversitesi – Cerrahpaşa, Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi

Öz

Bu bölümde STEM eğitiminin okul öncesi eğitim bağlamında yansımalarına yer verilmektedir. Okul öncesi eğitim, eğitim basamaklarının ilk kademesi olması sebebiyle STEM eğitiminin nitelikli bir şekilde eğitim sistemine dahil edilmesinde oldukça kritik bir rol oynamaktadır. Bilimsel düşünme becerilerine ilişkin temellerin STEM eğitimi aracılığıyla atılacağı okul öncesi kademesi, çocukların çok erken yaşlarda bilim, teknoloj,i mühendislik ve matematikle iç içe geçmiş öğrenme ortamlarında bulunmalarına olanak tanımaktadır. Bu açıdan bakıldığında STEM eğitiminin dünü, bugünü ve yarını tartışılırken en temel başlangıç noktası okul öncesi dönemde bu alanla ilgili ne gibi gelişmeler olduğunu göz önünde bulundurmak olacaktır. Bu bölümde STEM eğitiminin okul öncesi eğitim kapsamında ne anlam ifade ettiği ve neden gerekli olduğu soruları alan yazında ilgili tartışmalar sentezlenerek sunulmaktadır. Okul öncesi eğitimde STEM eğitimi uygulamalarının belirlenen hedeflere ulaşabilmesinde özellikle öğretmenin

ISBN: 978-625-6276-47-5

rolüne dikkat çeken bu bölümde ayrıca okul öncesi öğretmenlerinin STEM yaklaşımı ile öğrencilerine sağlayacakları faydalar alanyazındaki tartışmalar ışığında değerlendirilmiştir. Bölümün ilerleyen aşamalarında Okul öncesi dönemde sıklıkla kullanılan STEM eğitimi modellerinden olan mühendislik tasarım süreci detaylıca ele alınmış olup, okul öncesi öğretmenlerinin ve öğretmen adaylarının uygulayabileceği nitelikte iki adet uygulama önerisi verilmiştir. Buna göre bu bölümün amacı, okul öncesi eğitimde STEM uygulamalarının hem ulusal hem de uluslararası güncel literatürde nasıl ele alındığını tartışarak, okul öncesi öğretmenleri ve öğretmen adaylarına yönelik etkili STEM eğitimi uygulamalarını ortaya koymaktır. Sunulan etkinlik önerileri okul öncesi öğretmen adayları ile birlikte birebir uygulanmış olup, öğretmen adaylarının etkinliklerle ilgili düşünce ve deneyimlerinden hareketle son halini almıştır. STEM eğitimi uygulamalarının okul öncesi dönem itibariyle diğer kademeler için de bir temel olduğundan hareketle, bu bölüm hem alanyazına kavramsal olarak hem de okul öncesi döneme yönelik uygulanabilir bir etkinlik sunarak fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Giriş ve Önem

Okul öncesi eğitim, yaşamının ilk yıllarındaki çocukların ilgi ve merakları doğrultusunda keşfederek öğrenmeye en açık oldukları dönemi kapsamaktadır. Eğitimin ilk kademesini oluşturan bu dönem (0-6 yaş), çocukların ilkokul düzeyinde edinecekleri bilgi ve beceriler için hem hazırlık hem de sosyal uyum süreçlerini içermektedir. Ayrıca okul öncesi eğitim, çocukların dil, bilişsel, duyuşsal ve benlik gelişimlerinin oyun yoluyla temellerinin atıldığı kritik bir dönemdir. Türkiye'de okul öncesi eğitimin amaç ve görevleri olarak belirlenen ölçütler incelendiğinde, okul öncesi eğitimde çocuğu ve çocuğun erken öğrenmelerini çevreleyen bütüncül kıstaslar dikkat çekmektedir.

> - Çocukların beden, zihin ve duygu gelişmesini ve iyi alışkanlıklar kazanmasını sağlamak;
> - Onları ilköğretime hazırlamak;
> - Şartları elverişsiz çevrelerden ve ailelerden gelen çocuklar için ortak bir yetişme ortamı yaratmak;
> - Çocukların Türkçeyi doğru ve güzel konuşmalarını sağlamak;
> - Toplumsal hayata uyum sağlamalarını desteklemektir.
>
> (Millî Eğitim Bakanlığı, 2024, s.6)

Türkiye'de güncel olarak uygulanan okul öncesi eğitim programı, "Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli", 2024 yılında güncellenmiş olup belirtilen amaç ve görevler doğrultusunda okul öncesi eğitimi beceri temelli esaslarla şekillendirmektedir (Millî Eğitim Bakanlığı, 2024). Programda birbirinden farklı alan

becerileri ele alınmış olmasına karşın (örn; Türkçe, Matematik, Fen), erken çocukluk döneminde beceri edinimi ve bu becerilerin eyleme dönüştürülmesi süreçleri bütünleşik olarak ele alınmaktadır (Millî Eğitim Bakanlığı, 2024). Bu bakımdan, güncellenen okul öncesi eğitimi programında üst düzey düşünme becerileri, muhakeme becerileri ve değerlendirme becerileri gibi kavramlar dikkat çekmektedir. Bu bağlamda, STEM eğitiminin öğrenme süreçlerinde bilim ve matematiğin kuramsal bilgilerini kullanarak teknoloji ve mühendislik becerilerinin işe koşulduğu bir üretim ve tasarım yaklaşımı olduğu düşünüldüğünde, erken çocukluk dönemi öğrenme ve öğretim süreçlerinde programla uyumlu olduğu düşünülebilir (Çetin & Özlen Demircan, 2020). Özellikle STEM eğitiminin temel amaçlarının problem çözme, eleştirel düşünme, yaratıcılık, iş birliği ve iletişime dayalı tasarım olduğu göz önünde bulundurulduğunda bu çok yönlü yaklaşımın okul öncesi eğitim süreçleri için önemli bir fırsat alanı oluşturmaktadır (Erol & İvrendi, 2021). Buradan hareketle, bu bölümde erken çocukluk eğitiminde STEM eğitiminin gerekliliği farklı açılardan ele alınacak olup sonrasında STEM eğitiminde kritik rol oynayan okul öncesi öğretmenleri bağlamında bir değerlendirme sunulacaktır. Aynı zamanda okul öncesi öğretmenleri için STEM eğitimi uygulama örneklerine de yer verilerek okul öncesi STEM eğitimi alanına katkı sunulması amaçlanmaktadır.

Okul Öncesi Dönemde STEM Eğitimi: Nedir ve Neden Gereklidir?

Eğitim alanında küresel ölçekte önemli bir paradigma değişimi olarak öne çıkan STEM eğitimi; bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarının bütünleşik olarak ele alındığı ve öğrencilerin yaşam temelli bir problem durumundan hareketle

uygulama düzeyinde bilgi ve beceri kazanmasını hedefleyen bir yaklaşımdır (Tytler, 2020). Tanım olarak bakıldığında, STEM uygulamalarına yönelik herhangi bir yaş aralığı belirtilmediği görülmektedir. Bu durumda okul öncesi eğitimde STEM eğitiminin farklılaşmış bir tanımı bulunmamaktadır. STEM eğitimi, eğitimin her kademesinde etkili uygulamalara elverişli bir öğrenme alanı oluşturmaktadır (Tytler, 2020). Ancak özellikle okul öncesi eğitim döneminde uygulanan STEM eğitimi çalışmaları, çocukların bütünleşik STEM alanlarına yönelik hem kavramsal hem de uygulama becerileriyle olabilecek en erken yaşta tanışmalarını sağlamaktadır (MacDonald vd., 2020; Erol & İvrendi, 2021).

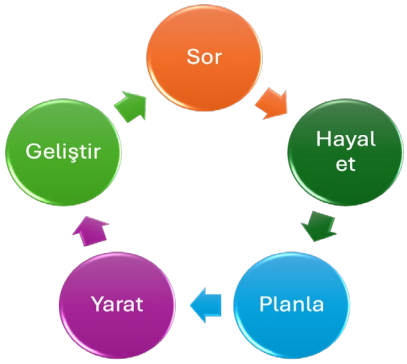
Erken çocukluk döneminde STEM eğitimi çalışmaları yürütmenin çocuklarda STEM alanlarına ilişkin olumlu bir kimlik inşası oluşturduğu ve bu alanları gündelik yaşamlarındaki pek çok farklı problemin çözümü için kullanmada yatkınlık gösterdikleri belirtilmektedir (Hachey vd., 2022). Doğuştan çevrelerine yönelik merak ve öğrenmeye ilişkin yüksek motivasyonla okul öncesi eğitim ortamına gelen çocukların hem akademik hem de sosyal açıdan STEM yaklaşımıyla desteklenmeleri analitik düşünmenin yaşam boyu temellerini oluşturacak yaşantılara elverişli bir ortam hazırlamaktadır (Nikkola vd., 2024). Bu nedenle, okul öncesi eğitim ortamlarının STEM eğitimine elverişli pedagojik yaklaşım ve uygulamalarla donatılması bir gereklilik olarak görülmelidir. En temelde girişimci, problemi tespit etme ve çözüm üretkenliği odaklı buluş yöntemlerinin yer aldığı erken çocukluk etkileşimlerinin öneminin altı çizilmelidir (Çetin & Özlen Demircan, 2020). Bu açıdan bakıldığında STEM eğitimi çocuk merkezli ve çocuğun fikirlerini önceleyen bir yaklaşımı temsil etmekte olup, okul öncesi eğitim uygulamalarının esnek,

sarmal ve yaratıcı yapıtaşlarıyla anlamlı bir bağlantı oluşturma potansiyeline sahiptir (Nikkola vd., 2024).

STEM eğitimi üzerine tartışmalar, bu yaklaşımın 21. yüzyıl becerilerinin eğitim ortamına yansıtılmasında en uygun disiplinlerarası yaklaşım olduğuna dikkat çekmektedir (Kennedy & Sundberg, 2020; Nikkola vd., 2024). Okul öncesi dönem, eğitimde 21. yüzyıl becerileri dönüşümünün odak noktasında bulunmaktadır (Vurucu Şahin & Şahin, 2020). Özellikle karar verme, yaratıcılık ve yenilik, iş birliği, eleştirel düşünme ve sorgulama gibi temel 21. yüzyıl becerilerinin kazanılmasında okul öncesi dönemde uygulanan oyun temelli ve bütünleştirilmiş eğitim yaklaşımının STEM uygulamaları için oldukça elverişli pedagojik alanlar açtığına dikkat çekmek gerekir (Vurucu Şahin & Şahin, 2020). Okul öncesi dönemde mühendislik ve tasarım süreci odaklı bir STEM yaklaşımı benimsenerek çocukların hem içinde bulundukları dönem için hem de gelecek yaşam becerileri için elverişli öğrenme deneyimlerinin önü açılmalıdır. Bu nedenle, okul öncesi dönemde STEM eğitiminin gerekliliği, çocukların yaşam boyu öğrenme süreçlerine güçlü bir temel oluşturması açısından kritik öneme sahiptir.

Okul öncesi dönemde uygulanan STEM eğitimi çalışmalarında uygulamalara kaynak olması açısından kullanılan pek çok farklı çerçeve, metot ve uygulama basamakları bulunmaktadır. Bu durum bir taraftan uygulamada çeşitlilik ve ihtiyaca yönelik düzenlemelerin yapılabilmesi açısından kolaylık oluştursa da erken çocukluk döneminde çocuklarla yapılan çalışmalarda ortak bir dilden yoksunluğu da beraberinde getirebilmektedir. Bu bölümde ele alınan uygulama basamağı Hester ve Cunnigham (2007) tarafından oluşturulmuş (Şekil 1) ve temelde

mühendislik tasarım süreçlerinin çocuklarla yapılan çalışmalar için uygun hale getirilmiş modelidir. Bu modelde, STEM eğitiminin kritik alanı olarak mühendislik kabul edildiğinden merkeze mühendislik düşünme süreçleri alınmıştır. Tüm STEM alanlarının bütüncül şekilde uygulamaya konulabildiği bu modelin etkililiği okul öncesi dönem çocuklarıyla yapılan çalışmalarda ortaya Çıkmaktadır (Çınar & Öztürk, 2022; Yılmaz, 2023). Ancak, yine de belirtilmelidir ki okul öncesi dönem çocuklarıyla STEM uygulamalarının birebir yapıldığı ve sonuçlarının çağın getirdiği farklı açı ve ajandalardan hareketle (örn. sürdürülebilirlik, yapay zekâ çalışmaları) yeniden ele alındığı çalışmalara ihtiyaç vardır.



Şekil 1. STEM eğitimi uygulamalarında kullanılan mühendislik tasarım süreci modeli

Bu bölümde ele alınan okul öncesi öğretmenleri için uygulanabilecek STEM etkinlik örneklerinde de Şekil 1'deki model kullanılmıştır. Modelin *Sor* aşamasında problemin tanımlanması ve olası problem durumlarının ele alınması hedeflenmektedir. Özellikle okul öncesi eğitimde yapılan STEM eğitimi çalışmalarında problem durumunun çocukların gündelik yaşamda karşı karşıya kalabilecekleri sorunlardan

hareketle ele alınması kritik önem taşımaktadır. Devamında *Hayal et* aşaması ise çocukların yaratıcı ve üst düzey düşünme becerilerini harekete geçiren bir süreç olarak ele alınmalıdır. Problem durumuna ilişkin bir ya da birden fazla önerinin geliştirilmesi için yaratıcı alanlar açılması okul öncesi dönem için önemlidir. *Hayal et* aşamalarında çocuklardan resim aracılığıyla zihinsel temsillerini aktarmaları istenebilir. Bu tür bir yaklaşım çocuğa uygun bir uygulama alanı yaratarak çocuğun mühendislik tasarım süreçlerinin bir gerekliliği olan prototip oluşturma ve temsili model oluşturma kısmında elverişli bir ortam oluşturacaktır. *Yarat* aşaması sürecinde okul öncesi öğretmenleri STEM etkinliğinin türüne göre bireysel ya da küçük-büyük grup çalışmaları şeklinde düzenlemeleri yapabilirler. Yaratma aşamasına önemli olan nokta, çocuğun birebir deneyimlerle üretim ve tasarım sürecine dahil olmasıdır. Öğretmen ise çocukların yaratma sürecini kolaylaştırıcı bir rehber konumunda olması ve gerektiğinde yardımcı materyallerin sunulması konusunda kolaylaştırıcı rolü üstlenmesi beklenmektedir. Yaratma aşaması okul öncesi dönemde özellikle çocuğun kullanımına aşina olduğu açık uçlu materyallerin (kil, oyun hamuru, bloklar ya da geri dönüştürülmüş malzemeler gibi) kullanılmasına en uygun alanı oluşturmaktadır. Son olarak, *geliştir* aşaması ise çocukların yansıtıcı düşünme becerilerinin aktif olduğu, kendi tasarımlarının çalışan ve çalışmayan kısımlarının tespit edildiği alanı kapsamaktadır. Bu aşamadan hareketle belirlenen problemin çözüme ulaşıp ulaşmadığına karar verilerek ürünün farklılaştırılması beklenmektedir. Okul öncesi dönemde uygulanabilecek bu model 5 ayrı basamağa ayrılmış gibi görünse de STEM çalışmaları birbirini takip eden sonsuz bir döngü içinde düşünülmelidir. Bu açıdan bakıldığında, STEM

eğitiminin okul öncesi dönemde çocuk ve oyun merkezli pedagojik temellerinden hareketle önemi ve gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Okul öncesi dönemde iyi yapılandırılmış bir STEM eğitimi pek çok açıdan çocuğun görüşlerinin dikkate alındığı, çocuk-akran-öğretmen iş birliğinin ön planda olduğu, çocuğun yenilenen eğitim gerekliliklerine uyum sağlamasını kolaylaştıran ve çocukların bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarındaki becerileri bütünleşik bir şekilde deneyimlemelerini sağlayan bir öğrenme alanı olması dikkat çekmektedir (Çetin & Özlen Demircan, 2020; Erol & İvrendi, 2021; Hachey vd., 2022; Yılmaz, 2023). Çalışmalar etkili STEM eğitimi uygulamalarının okul öncesi dönemde aile etkileşimine de olumlu katkılar sağlayan bir yaklaşım olmasına dikkat çekmektedir (Ata-Aktürk & Demircan, 2021). Önemle belirtmek gerekir ki okul öncesi dönemde STEM eğitimini bireysel bir aktivite olarak ele almak belirtilen bu imkanların yalnızca belirli parçalarına erişimi sağlayacaktır. STEM eğitiminin tarihsel sürecinden hareketle bu yaklaşımı toplumsal bir bilim hareketi olarak ele almakta fayda olacaktır. Bu haliyle bakıldığında STEM eğitimi, eğitim basamağının ilk basamağı olması sebebiyle okul öncesi eğitimin sürdürülebilirliği konusunda da öncü bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır. STEM eğitimi uygulamalarının belki de en dikkat çekici noktasında okul öncesi eğitim ortamlarında öğretmen ve çocuk arasında kurulması gereken karşılıklı güvene ve öğrenmeye dayalı ilişki bulunmaktadır. Erken yaşlardaki çocukların STEM alanlarına ilişkin tutumlarında öğretmenin rol model olduğu ve STEM eğitimi uygulamalarında öğretmenin rehber konumunda olduğu düşünüldüğünde etkili ve nitelikli bir uygulama için öğretmen-çocuk boyutunun etraflıca ele alınması gereklidir. Bu

açıdan bu bölümün devamında STEM eğitimi uygulamalarında okul öncesi öğretmen boyutuna odaklanılmaktadır.

Okul Öncesi Öğretmenleri ve STEM Eğitimi

Son yıllarda STEM eğitimi uygulamalarına yönelik yapılan çalışmalar özellikle 2000'li yılların başından itibaren yalnızca öğrencilere odaklanmakla kalmamış, bu alanda öğrencilerle birebir çalışan öğretmenlerin STEM alanlarına yönelik bilgi, beceri, deneyim ve gelişme alanlarına yönelik çalışmaların arttığına dikkat çekmektedir (Chiu vd., 2025). Özellikle okul öncesi eğitimde öğretmenlerin STEM disiplinleri arasında bağlantı kumalarında zorlandıklarına işaret edilmektedir (Kelley & Knowles, 2016; Çetin & Özlen Demircan, 2020; Chiu vd., 2025). Okul öncesi öğretmenleri, STEM eğitiminin temel değerlerini kavrama konusunda farkındalık sahibi olmakla birlikte, bu eğitim yaklaşımının sosyal perspektiften algılanışında çeşitli pratik sınırlamaların mevcut olduğunu fark etmişlerdir (Wan vd., 2021). Özellikle zaman, destek ve kaynaklar gibi altyapısal kısıtlamalar öğretmenlerin uygulama kapasitesini etkilemekte olup, yine konu bilgisi ve pedagojik yeterlikleriyle ilgili de endişeler taşımaktadırlar (Wan vd., 2021). Ayrıca, öğrencilerin gelişimsel farklılıklarını ve güvenliklerini gözeterek, küçük yaş gruplarıyla STEM etkinlikleri gerçekleştirme konusunda kendilerine olan güvenleri sınırlı kaldığının altı çizilmektedir (Wan vd., 2021). Bunun sonucunda, erken yaş grubundaki çocuklarla yürütülen STEM eğitimi deneyimlerinin disiplinler arası bağlantıdan kopuk ve gerçek yaşam problemlerine fen ve matematik biliminin temellerini kullanarak çözüm üretmede yetersiz kaldığı belirtilmektedir (Kelley & Knowles, 2016). Bu bulgular, okul öncesi STEM eğitiminin yaygınlaştırılması ve etkili uygulanabilmesi için

öğretmen eğitimi, materyal geliştirme ve içerik desteğinin gerekliliğine işaret etmektedir.

Okul öncesi eğitimde öğrencilerinin STEM eğitimi kapsamında becerilerini geliştirmelerinde, bu tür öğrenme süreçlerine aktif katılım göstermelerinde ve STEM yaklaşımının amacına ulaşabilmesinde öğretmenler kilit bir role sahiptir (Gülden vd., 2023). Etkili ve nitelikli bir STEM eğitiminin hayata geçirilmesi ise bu alanda donanımlı, gerekli eğitimi almış ve uygulama deneyimi bulunan öğretmenlerle mümkün olmaktadır (Abanoz & Deniz, 2021). Günlük hayatta karşılaşılan durum ve olayları çözebilmek için öğrencilerin bu konular ile ilişkili bilgilere sahip olmaları gerekmektedir. Bu bilgiler STEM disiplinleri ile bağlantılı olup ileriki eğitim süreçlerinde öğrenilecek kuramsal bilgiler için gerekli alt yapının erken çocukluk döneminde atılmasını sağlar (Kırtel & Kuş, 2024). İşte bu sebeple okul öncesi öğretmenleri, farklı disiplinlere yönelik öğrencilerin bilimsel kavramları anlamalarını sağlayacak fırsatlar oluşturmalıdır (Özok Bulut, 2025). Ayrıca STEM eğitimi ile öğrencilerin eleştirel düşünme, problem çözme, yaratıcı düşünme, iş birliği, iletişim becerileri gibi 21. yy becerileri de gelişir. Dolayısıyla okul öncesi öğretmenlerinin STEM eğitimi ile öğrencilerin bu becerilerinin gelişmesine sağlam bir temel oluşturarak eğitim yaşamlarındaki başarılarını artırmaya katkı sağlamaları da mümkündür (Uyulan & Aslan, 2025). Okul öncesi dönemde öğrencilerin gelişim alanlarına yönelik kazanımlar doğrultusunda planlanan STEM etkinlikleri ile öğrenciler becerilerini daha yaratıcı yollarla ifade edebilirler. Bu sebeple, STEM etkinlikleri farklı disiplinlerde kolaylıkla entegre edilip uygulanabilir hale getirilirse öğrencilere büyük fayda sağlarlar (Küçükbaş vd., 2023). STEM yaklaşımına yönelik bilgiler ve deneyimlerinde

eksiklik olan öğretmenlerin öğrenme sürecinde düşük STEM performansı göstermeleri doğaldır. Bu noktada öğretmenlerin STEM bilgi ve becerilerini desteklemeye yönelik bilgiler edinmeleri faydalı olacaktır (Gözüm vd., 2022).

Bu bölümün devamında okul öncesi öğretmenleri için tasarlanmış etkili STEM eğitimi uygulamalarına yer verilmiştir. Bu uygulama örneklerinin okul öncesi öğretmenleri tarafından öğrenme ortamları ve çocukların yaş ve gelişim düzeyleri dikkate alınarak revize edilerek kullanılması önerilmektedir.

STEM Etkinliği 1: Minik Mucitlerle Işığın Dansı Lav Lambamı Tasarlıyorum: Öğretmen Yönergesi

Etkinlik Adı: Minik Mucitlerle Işığın Dansı: Lav Lambamı Tasarlıyorum!
Kavramlar: Suda çözünme ve yoğunluk farkı
Hedeflenen Kazanımlar
Bilim: FAB. 8. Yakın çevresindeki açıklamak için basit düzeyde bilimsel modellerden faydalanabilme; a. Yakın çevresindeki problemlerin çözümüne yönelik hayal gücüne dayalı modeller önerir. b. Yakın çevresindeki problemlerin çözümüne yönelik önerdiği modeli yeniler.
Mühendislik: • Bir problemi fark eder ve açıklayabilir. • Problemi çözmek için fikirler üretir. • Seçtiği çözümü model olarak uygular. • Modelinde iyileştirmeler yapar.
Teknoloji: TSRMAB1.2. Tasarımı Ürüne Dönüştürebilme a. Tasarıma uygun araç gereci belirler. b. Uygulama yöntemlerini ve tekniklerini belirler. c. Üretim aşamalarını konuya ve işleve göre sıralar. d. Üretim aşamalarını tasarım oluşturma kriterlerine göre uygular.

e. Ürünle ilgili maket/model/prototip (ilk örnek) oluşturur.
f. Ürün örneğinin tasarım oluşturma kriterlerine göre yeterliliğini değerlendirir.

Matematik:
MAB.12. Elde ettiği/eriştiği verileri düzenleyebilme
a. Problemi cevaplamak için veri toplanacak kaynakları söyler.
b.Veri toplar.
c. Elde ettiği verilerin somut modelini oluşturur.

21. YY. Becerileri:
Problem çözme, eleştirel düşünme, iş birliği, girişimcilik.

Kullanılan Araç ve Gereçler:
Erlen ya da şeffaf bir kap, su, bitkisel yağ, farklı renklerde gıda boyası, suda çözünen efervesan tablet, ışık kaynağı

Öğretmenin gösteri sırasında kullanacağı ek malzemeler:
Erlen, deney tüpü

ÖĞRENME SÜRECİ

1. Basamak: Sor!

STEM etkinliğinde kullanılan mühendislik tasarım süreci modelinin 1. Basamağı olan "Sor" Basamağına öğretmenin aşağıdaki hikâyeyi okuması ile başlanır:

> ***"Merhaba küçük mühendisler! Bugün size çok özel bir görevim var. "Baloncuklar Ülkesinden" gelen bir mektup aldım. Baloncuklar Ülkesi'nde ışıklar sönmüş ve baloncuklar dans etmeyi bırakmış! Onların dans etmesini sağlayacak büyülü bir lamba yapmamız gerekiyor. Bu lambaya "Lav Lambası" diyorlar. Kimya mühendisi ve tasarım mühendisi olarak Baloncuklar Ülkesi'ne yardım etmeye hazır mısınız?"***

Öğretmen hikâyeyi anlatırken baloncukların yukarı çıkma hareketini bedeniyle göstererek çocuklar için gaz çıkışı hareketini somutlaştırır. Öğrencilerin okuma ve yazması olmadığı için etkinlik aşamaları soru-cevap ve tartışma şeklinde ilerler. Öğretmen, öğrencilerin lav lambalarını tasarlayabilmeleri için yönlendirici rol

üstlenir. Öğretmen; "***Tabi ki hazırlayacağınız lav lambasının belirli bazı özellikleri olmalı. Mühendisler her zaman en uygun malzemelerle, en ekonomik ve en kullanışlı ürünü yapmalıdır. Sizin de lav lambanız ekonomik, kullanışlı ve çocukları mutlu edecek renkte ve tasarımda olmalıdır.***" yönergesini öğrencilere verir.

Öğretmen; "***Lav lambasını nasıl yapabileceğiniz konusunda düşünceniz var mı?***" sorusuyla öğrencilerin hayal güçlerini harekete geçirir. Bu süreçte doğru yanıt aranmaz. Öğrencilere lav lambası yapımında kullanılacak malzemelerin görsellerinin bulunduğu çalışma kağıdını verir ve çalışmalarını gruplarında yapmaları gerektiğini söyler. Çalışmalarının gruplarına ait olduğunun anlaşılabilmesi için bir grup simgesi belirlemeleri ve çalışma kağıdına bu simgeyi çizmelerini ister. 2 dakikalık süre sonrasında ***"Lav lambasını yapabilmek için bazı temel malzemelere ihtiyacımız var. Öncelikle bu malzemelerle tanışalım."*** der. Çalışma kağıdında görselleri bulunan malzemeleri sayar. Bu malzemeler dışında lav lambalarını süslemek için farklı malzemeler de kullanabileceklerini belirtir. Öğrencilerin lav lambası tasarımlarında ihtiyaç duyacakları bilgileri vermeye başlar: ***"Su ve Bitkisel Yağ iki inatçı arkadaş gibidir. Hadi bakalım bu iki inatçı arkadaşla tanışalım"*** der.

Öğretmen ağzı kapatılabilen bir kavanoza (şişe, erlen vb. şeffaf ve ağzı kapatılabilen bir kap da olabilir) önce biraz su döker. Suyun üzerine inatçı arkadaşı olan bitkisel yağ ilave ettiğinde ne olabileceğine yönelik öğrencilere soru sorar. Yanıtları aldıktan sonra su bulunan kavanoza bir miktar yağ döker ve bekler. Öğrencilere gözlemlerini sorar. Öğrencilerin su ve yağın birbiri içinde karışmadığını, suyun altta, yağın ise üstte olduğunu gözlemlemeleri sağlanır. Öğretmen ağzı kapalı erleni çalkalar, su ve yağın karışıp karışmayacağını sorar. Öğrencilerin özgürce düşüncelerini ifade etmeleri sağlanır. Öğretmen çalkalamayı bitirir ve öğrencilerin düşüncelerinin doğru olup olmadığını gözlemleyebilmeleri için bir süre beklenir. Öğrenciler yağ ve suyun birbiri içinde karıştığını, ancak bir süre sonra ilk durumda olduğu gibi suyun aşağıda, yağın ise yukarıda olacak şekilde erlende konumlandığını gözlemlemeleri sağlanır. Öğretmen etkinliği yaparken öğrencilere bilimsel açıklamalar da yapar. Bu süreçte öğrencilerin bilimsel bilgiyi öğrenmeleri değil, bilimin farkına varmaları amaçlanır. "***Birbirlerinin içinde karışmamaları su ve yağı oluşturan taneciklerin özelliklerinden kaynaklanıyor. Yağın, suyun üstünde yer alması ise yoğunluk***

farkı dediğimiz bilimsel bir gerçekten kaynaklanıyor. Yağın yoğunluğu daha düşük olduğu için suyun üstünde duruyor" şeklinde bilimsel bilgiler verebilir.

Öğretmen ***"Bakın önümde farklı renklerde gıda boyaları var. Sarı, mavi, kırmızı, pembe… Renkler ne kadar güzel öyle değil mi?"*** der ve öğrencilerin dikkatini çekmeye çalışır. Öğretmen iki deney tüpü alır. Deney tüplerinden birine su ve birine bir miktar yağ koyar. Öğrencilerin bir gıda boyası rengi seçmelerini ister ve öğrencilerin çoğunluğu tarafından seçilen gıda boyasından birer damla suya ve yağa damlatır. Öğrencilere gözlemlerini sorar. Öğrencilerin gıda boyasının su içinde dağıldığını, yağ içinde ise dağılmadığını gözlemlemeleri sağlanır. Öğretmen gıda boyasının suyun içinde dağılmasının suda çözünme olayına örnek olduğu bilimsel bilgisini öğrencilere söyler.

Öğretmen suda çözünebilen efervesan tabletlerin lav lambası yapımı için önemli bir malzeme olduğunu söyler. Deney tüplerinden iki tane alır, birine su ve birine bir miktar yağ koyar. Suda çözünebilen efervesan tableti parçalara ayırır. Bir parçasını suyun, diğer parçayı yağın bulunduğu deney tüpüne atar ve öğrencilerin gözlemlemelerini sağlar. Burada gerçekleşen olay suda çözünebilen efervesan tabletlerin su ile kimyasal tepkimeye girerek suda çözünmesi ve bu sırada gaz baloncuklarının açığa çıkmasıdır. Öğretmen bu bilgiden çocuklara bahseder.

Öğretmen ***"Lav lambanızı yapabilmeniz için tabi ki bir kaba ihtiyacınız olacak. Onun haricinde lambanızı istediğiniz gibi süsleyebilmeniz için çeşitli süsleme malzemelerini kullanabilirsiniz."*** şeklinde yönerge verir. Öğrencilere ***"Şimdi sıra sizde küçük mühendisler. Grup arkadaşlarınızla çalışmalara başlayabilirsiniz."*** diyerek öğrencileri küçük grup çalışmasına yönlendirir. Öğrencilerin 4'er kişilik gruplar halinde çalışmaları ve her grubun 1 lav lambası yapmaları beklenir.
Öğretmen;

- ***"Lav lambasının içinde baloncuklar nasıl hareket eder?***
- ***Sizce lambamızın şekli baloncukların hareketini değiştirebilir mi?***
- ***Kendi lambamızı nasıl yapabiliriz?***

vb. sorular sorarak öğrencilerin beyin fırtınası yapmalarını sağlar.

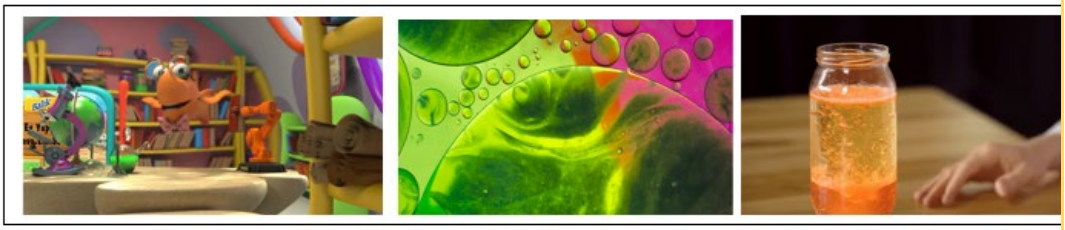
2. Basamak: Hayal Et!

Etkinlikte kullanılan mühendislik tasarım süreci modelinin 2. Basamağı olan "Hayal et" Basamağında öğretmen öğrencilerden hayalilerindeki lav lambasının tasarımını çizmelerini ister. Öğrencilere ***"Dersin başında size okunan hikâye ve ardından yaptığınız gözlemlerden yola çıkarak grupça çalışma kağıdınızda bulunan ilgili kısma kendi lav lambanızı çiziniz ve renklendiriniz"*** der.



Öğrencilerin çizdiği hayallerindeki lav lambası resmi örneği

Öğretmen öğrencilerin grup olarak çizdikleri resimleri inceler ve öğrencilerin lav lambası yapım sürecini anlayabilmeleri amacıyla Profesör Balık ile Deneyler videosunu vb. (https://www.youtube.com/watch?v=GfcRRDztbkg) seyretmelerini sağlar. Böylece çocukların ilgilerinin çekilmesi sağlanır. Bu videoda öğrenciler lav lambasının yapımını izlerler. Öğretmen ***"Çizdiğiniz lav lambası, izlediğiniz videodaki lav lambası ile benziyor mu? Hadi bakalım fikirlerinizi, benzeyen ve benzemeyen yönleri söyleyiniz"*** der.



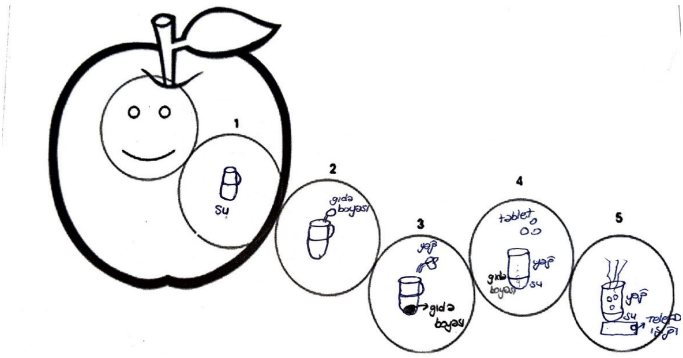
Profesör balık ile deneyler videosundan görüntüler

Kendi yaptıkları lav lambaları ile izledikleri videodaki lav lambaları arasındaki farklılıkları tespit eden öğrenciler etkinliklerinin bir sonraki basamağı olan "Planla" basamağına geçerler.

3. Basamak Planla!

Mühendislik tasarım süreci modelinin 3. Basamağı olan "Planla" Basamağında öğrencilerin bir lav lambasının hangi aşamalar ile yapılacağını açıklamaları beklenir. Bunun için öğrencilere kullanabilecekleri malzemeler hatırlatılır.

Ardından öğrencilerden çalışma kağıdında yer alan aşamalı görselin içine basamakları çizmeleri ve boyamaları istenir. Bu süreçte öğrencilerin grup olarak beraber çalışmaları sağlanır. Öğrencilerden bu görsele lav lambası yapım aşamaları olarak önce su ekleyecekleri (1. Yuvarlak içine), ardından suya gıda boyası katacakları (2. Yuvarlak içine), bu ortama yağ ekleyecekleri (3. Yuvarlak içine), suda çözünen tablet ekleyecekleri (4. Yuvarlak içine), ve baloncuk oluşumunu (gaz çıkışı) gözlemleyebilecekleri (5. Yuvarlak içine), resimler çizmeleri beklenir. Öğrenciler, çizimleri bittikten sonra fikirlerini sınıftaki diğer gruplar ile paylaşırlar. Öğrenciler sonraki basamağa geçerler.



Öğrencilerden beklenen bir örnek çizim

4. Basamak: Yarat!

Mühendislik tasarım süreci modelinin 4. Basamağı olan "Yarat" Basamağında her grup kendi lav lambasını yapar. Bu süreçte öğrencilerin kavanoza (ağzı kapatılabilen şişe, erlen vb şeffaf kaplar da olabilir) sırasıyla su, gıda boyası, sudan daha fazla oranda yağ dökmeleri beklenir. Suda çözünen tabletler farklı boylarda ve sayılarda parçalara bölünür ve gruptaki her öğrenci tarafından sırayla kavanoza atılması sağlanır. Öğrenciler gaz çıkışını ve oluşan baloncukların hareketini gözlemler. Deney sonunda öğrenciler hangi lambada baloncukların hareket ettiğini kendi sözcükleriyle açıklar. Lav lambasındaki baloncukların hareketini daha iyi gözlemleyebilmek ve görsellik katabilmek için sınıfta karanlık ortam yaratılabilir ve bir ışık kaynağı kavanozların altına tutularak gözlemler yaptırılabilir. Öğrenciler oluşturdukları prototipin resmini çalışma kağıdındaki ilgili alana çizerler.



Öğretmene Not: Oluşturulan ortamda yağ çok, su az olmalı. Suda çözünen tablet suda yani alt kısımda çözündükten sonra oluşan karbondioksit yukarıya çıkarken yağın içinden geçecek ve baloncuklar net bir şekilde gözlenebilecektir. Önerilen oran: Su 1 birim, yağ 3 birimdir.

5. Basamak: Geliştir!

Mühendislik tasarım süreci modelinin 5. ve son basamağı olan "Geliştir" Basamağında her grup, kendi lav lambasının nasıl çalıştığını anlatır. Öğretmen öğrencilerden detaylı bilgiler almak için şu soruları yöneltebilir:

- ***"Hangi şişede baloncuklar daha hızlı hareket etti?***
- ***Baloncuklar nasıl hareket ediyor?***
- ***Şişeye attığımız tablet ne işe yarıyor?***
- ***Baloncuklar yukarı mı çıkıyor, aşağı mı iniyor?"***
- ***Hızlı mı hareket ediyorlar, yavaş mı?"***

Tüm gruplar lav lambalarından bahsettikten sonra öğretmen öğrencilere "***Yeniden lav lambası yapmak isteseydiniz değiştirmek istediğiniz şeyler olur muydu? Neleri değiştirmek isterdiniz? Bir dahaki sefere neyi farklı yapardınız?, Arkadaşlarının lambasında neyi beğendiniz?"*** vb. sorular sorarak tasarımlarını değerlendirmelerini, modellerinin güçlü ve zayıf yönlerini fark etmelerini ve isterlerse küçük değişiklikler yaparak lava lambalarını yeniden tasarlamalarını sağlar. Bunun için ilgili alana yeni tasarımlarını çizip boyamalarını söyler. Etkinliğin sonunda sınıfta bir "Lav Lambası Sergisi" düzenlenir. Her grup kendi lambasına bir ad verir (örneğin "Kırmızı Fırtına", "Mavi Baloncuk"). Lambasının önüne geçip özelliklerini arkadaşlarına anlatır. Öğrenciler ürünlerini sunarken öğretmen "sunum rozetleri" veya "mucit madalyaları" dağıtabilir.



Örnek mucit madalyası görseli

Öğrenciler yaptıkları lambaların fotoğraflarını kullanarak poster hazırlayabilir veya öğretmen rehberliğinde sınıf panosuna küçük tanıtım kartları yerleştirilebilir. Öğrenciler yapacakları sunumlar ile etkinliği tamamlarlar.

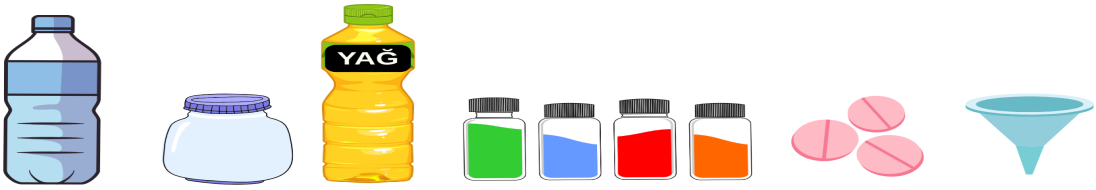


Lav Lambası Sergisi

MİNİK MUCİTLERLE IŞIĞIN DANSI: LAV LAMBAMI TASARLIYORUM ETKİNLİĞİ ÖĞRENCİ ÇALIŞMA KAĞIDI

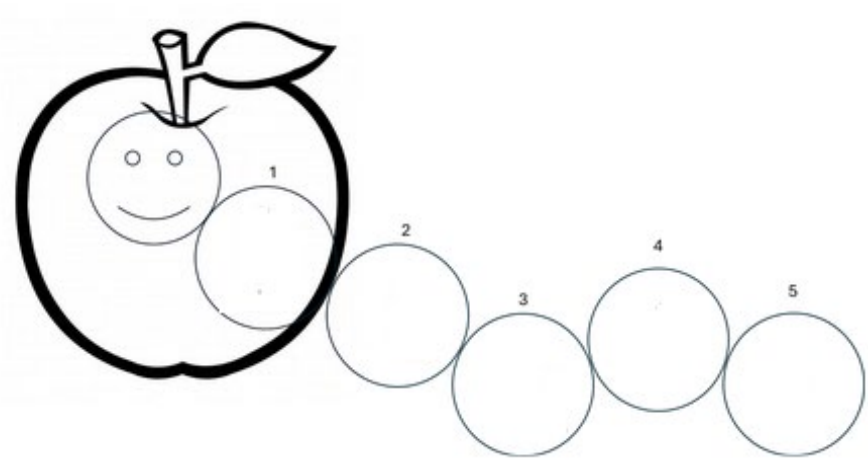
GRUP SİMGESİ

MALZEMELERİMİZ



Hayalinizdeki lav lambasının resmini çiziniz.

Lav lambası yaparken izleyeceğiniz basamakları aşağıya çiziniz.



Kendi lav lambanızı çiziniz.	Tasarımınızda neyi değiştirmek isterdiniz? Aşağıya çiziniz.

STEM Etkinliği 2: Depreme Dayanıklı Bina: Öğretmen Yönergesi

Etkinlik Adı: Depreme Dayanıklı Bina
Kavramlar: Doğal Afetler, Deprem
Hedeflenen Kazanımlar
Bilim: FAB.10. Fene yönelik günlük hayatla ilişkili olay, olgu ve/veya durumlara yönelik bilimsel sorgulama yapabilme a. Fene yönelik günlük hayatla ilişkili soru veya problemi tanımlar. b. Sorusunu/problemini cevaplamak/çözüm bulmak için model geliştirir. c. Araştırmayı planlar ve gerçekleştirir. d. Verileri analiz eder ve yorumlar e. Kanıta dayalı açıklama yapar ve çözüm üretir. f. Bilgiyi değerlendirir ve paylaşır.
Mühendislik: • Bir problemi fark eder ve tanımlar. • Problemin çözümüne yönelik fikirler üretir. • Fikirlerini çizim veya modelle ifade eder.
Teknoloji: TSRMAB1.2. Tasarımı Ürüne Dönüştürebilme a. Tasarıma uygun araç gereci belirler. b. Uygulama yöntemlerini ve tekniklerini belirler. c. Üretim aşamalarını konuya ve işleve göre sıralar. d. Üretim aşamalarını tasarım oluşturma kriterlerine göre uygular. e. Ürünle ilgili maket/model/prototip (ilk örnek) oluşturur. f. Ürün örneğinin tasarım oluşturma kriterlerine göre yeterliliğini değerlendirir.
Matematik: MAB.13. Problemlerin çözümüne yönelik bulgulara ulaşabilme a. Elde ettiği/eriştiği verileri analiz etmek için ne yapması gerektiğini söyler. b. Elde ettiği/ulaştığı verileri analiz eder.

21. YY. Becerileri:
Problem çözme, eleştirel düşünme, iş birliği, iletişim.

Kullanılan Araç ve Gereçler: 2 büyük mukavva ve 4 pinpon topu-köpük top (test amaçlı sallanan zemin oluşturmak için), paket lastiği büyük, şönil, dil çubuğu, kırtasiyeden çubuklar, pipet (bina tasarımı için), bant, patafix, oyun hamuru (sabitleme için), küçük mukavva (tasarlanan binaların tabanına koymak için), kronometre veya cep telefonu (öğretmen kullanımıyla gözlem süresi ölçümü için)

ÖĞRENME SÜRECİ

1. Basamak: Sor!

STEM etkinliğinde kullanılan mühendislik tasarım süreci modelinin 1. Basamağı olan "Sor" Basamağında öğretmen öğrencilere "problemi fark ettirmeye" çalışır. Bunun için öğretmen sınıfa renkli bir zarf getirir ve "**Çocuklar, size Oyuncaklar Ülkesi'nden bir mektup var. Bakalım mektupta ne yazıyor?**" diyerek öğrencilerin dikkatini çeker. Zarftan çıkardığı aşağıdaki mektubu okur:

> **Sevgili Küçük Mühendisler,**
> **Biz Oyuncaklar Okulu'nun sakinleriyiz. Bugün ülkemizde yer hafifçe sallandı. Sınıfımızdaki kitap rafı sallandı, dolaptaki eşyalar devrildi, masalarımız yerinden oynadı. Biraz korktuk, ama iyiyiz! Yarın okula gitmek istiyoruz. Fakat sarsıntı olunca güvenli olacağımız sağlam bir binaya ihtiyacımız var. Acaba bize depreme dayanıklı bir bina tasarlayabilir misiniz? Sizin çok iyi fikirleriniz olduğunu duyduk. Bu nedenle yardımınızı istiyoruz!**
> **Sevgiler,**
> **Küçük Lego Adam, Peluş Köpekcik ve Oyuncak Bebek**

Etkinlik aşamaları soru-cevap ve tartışma şeklinde ilerler. Öğretmen öğrencilere şu soruları sorar:

- **"Oyuncaklar Ülkesi'nde ne olmuş?"**

- **"Peki neden sınıfları sallanmış olabilir?"**
- **"Oyuncaklar deprem olurken neler hissetmiş olabilir?"**
- **"Sizce neden yardıma ihtiyaç duyuyorlar?"**
- **"Sizce depreme dayanıklı, güvenli bir bina nasıl olur?"**

Öğretmen bu basamakta, öğrencilerin "Depreme dayanıklı, güvenli bir bina nasıl tasarlanabilir?" problem durumuna ulaşmalarını sağlar ve etkinliğin devamında güvenli bir bina tasarlamaları için onlara rehberlik eder. Öğrencilere yapacakları depreme dayanıklı bina tasarımı ile ilgili bazı noktalardan bahseder. Öğretmen; **"Tasarlayacağınız binanın en fazla 4 katlı olması gerekmektedir. Tasarımınız ekonomik, kullanışlı ve güvenli malzemeler ile oluşturmalı ve bir mühendis gibi düşünüp tasarımınızın sağlamlığını test etmelisiniz."** yönergesini verir ve "**Peki, nasıl bir bina yapabiliriz? Bu konuda ne düşünüyorsunuz?"** şeklinde bir soru ile fikir üretmelerini sağlar.

Öğretmen öğrencilere çalışma kağıdı dağıtır. Etkinlikte grup halinde çalışacaklarını ve çalışma kağıtlarına gruplarını temsil eden bir şekil çizmelerini ister. Çalışma kağıtlarında etkinlikte kullanacakları malzemelerin olduğu görseli göstererek: **"Mühendisler işe başlamadan önce kullanacakları malzemeleri tanır. Şimdi de biz küçük mühendisler olarak depreme dayanıklı bina tasarımımız için gerekli malzemeleri tanıyalım."** şeklinde yönerge verir.



Çalışma kağıdında verilecek malzemelere yönelik görsel

Öğretmen malzemeleri tanıttıktan ve öğrencilere hangi malzemeyi ne amaçla kullanabilecekleri hakkında fikirlerini sorduktan sonra konuyu somutlaştırmak

için öğrencilere **dengede durma, sağlam olma, tabanı geniş olma** gibi kavramlardan basitçe bahsedebilir. Bu sayede öğrencilerine bilimsel farkındalık kazandırtmayı hedefler. **"Binalar sallanırken ayakta kalabilmek için sağlam yapılır.", "Binaların bazılarının altı daha geniş olur.", "Binaların bazıları çok dayanıklı malzemelerden yapılır."** gibi örnekler vererek öğrencilerin problemin çözümü için düşünmelerine yardımcı olur.

Öğretmen aşağıdaki parmak oyununu okuyup öğrencilerin parantez içinde ifade edilen hareketleri yapmalarını ister. Bu sayede öğrenciler eğlenceli bir öğrenme ortamı ile sağlam bir binanın nasıl olması gerektiğini yaşlarına uygun şekilde öğrenir.

DEPREME DAYANIKLI BİNA YAPIYORUM PARMAK OYUNU

Altı geniş — **(Kollar yana açılır)**
Üstü sağlam — **(Kollar yukarı)**
Salla salla — **(Vücut hafifçe sağ–sol)**
Yıkılmadı! — **(Dimdik dur)**
Pipet direk durur dimdik — **(Ellerle uzun çizgi)**
Oyun hamuru da altında destek — **(Elleri yoğurur gibi)**
Koy üst üste — **(Ellerle kule yap)**
İşte oldu! — **(Zıpla)**
Herkes dayanıklı okula koştu — **(Yerinde koşma hareketi yapılır)**

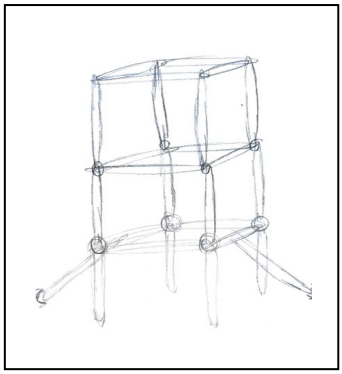
Öğrenciler **"Şimdi sıra sizde küçük mühendisler. Grup arkadaşlarınızla çalışmalara başlayabilirsiniz."** diyerek öğrencileri küçük grup çalışmasına yönlendirir. Öğrencilerin 4'er kişilik gruplar halinde çalışmaları ve her grubun sağlam bir bina tasarımı yapmaları beklenir. Öğretmen;

- **"Deprem olduğunda binalar nasıl hareket eder?"**
- **"Bu hareket sırasında binamızın sağlam kalıp kalmadığını nasıl anlayabiliriz?"**
- **"Kendi güçlü binamızı nasıl yapabiliriz?"**
- **"Hangi malzemeleri kullanarak daha dayanıklı bir bina yapabiliriz?"**

sorularını sorar ve cevapları sınıfça tartıştıktan sonra bir diğer basamağa geçilir.

2. Basamak: Hayal Et!

Etkinlikte kullanılan mühendislik tasarım süreci modelinin 2. Basamağı olan "Hayal et" Basamağında öğretmen öğrencilerden hayallerindeki depreme dayanıklı bina tasarımını çizmelerini ister. Öğrencilere ***"Dersin başında size gelen mektup ve ardından yaptığınız etkinlikten yola çıkarak grupça çalışma kağıdınızda bulunan ilgili kısma kendi sağlam binanızı çiziniz ve renklendiriniz"*** der.



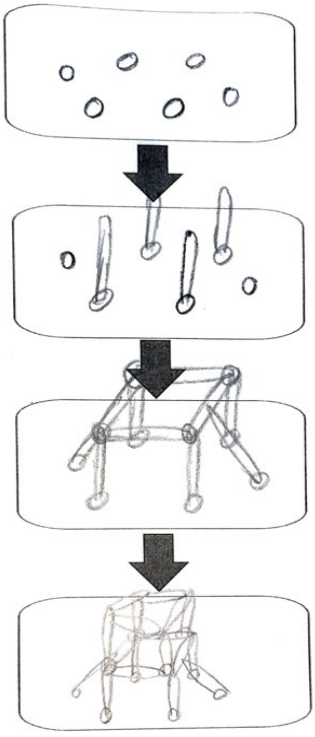
Öğrencilerin çizmesi beklenen hayallerindeki sağlam bina resmi örneği

3. Basamak: Planla!

Mühendislik tasarım süreci modelinin 3. Basamağı olan "Planla" Basamağında öğrencilerin sağlam bir bina tasarlamaları için hangi aşamaları izleyeceklerini açıklamaları beklenir. Bunun için öğrencilere kullanabilecekleri malzemeler hatırlatılır. Ardından öğrencilerden çalışma kağıdında yer alan aşamalı görselin içine basamakları çizmeleri ve boyamaları istenir. Bu süreçte öğrencilerin grup olarak beraber çalışmaları sağlanır. Öğrencilerin planlarına isim vermeleri de istenir.

Öğrencilerden bu görsele depreme dayanıklı bina yapım aşamaları olarak;

Zemin seç → Kat ekle → Destek ekle → Sabitle gibi örnek bir plan ile ilişkili olacak şekilde resimler çizmeleri beklenir. Öğrenciler gruplar halinde "**Güvenli Bina Planları**"nı oluşturur, planı boya kalemleri ile renklendirir ve planlarına "**Sallanmaz Bina!**" gibi isimler verirler. Öğrenciler, çizimleri bittikten sonra fikirlerini sınıftaki diğer gruplar ile paylaşırlar.



Örnek bir çizim

4. Basamak: Yarat!

Mühendislik tasarım süreci modelinin 4. Basamağı olan "Yarat" Basamağında her grup kendi "**Depreme Dayanıklı Bina**" tasarımını yapar. Bu süreçte öğrenciler, seçtikleri plana göre minik bina modelleri yapar. Gruplar kendi içlerinde rol paylaşımı da yapabilir "**Malzemeci, ustabaşı, tasarımcı**" gibi görevlerde bina inşa etmeye başlayabilirler. Zemin için mukavva, binanın duvarları için çubuk, şönil veya pipet, duvarları zemine sabitlemek için hamur ve yapıştırıcı gibi malzemeler kullanılabilir. Öğrencilerin oynar bir zemin tasarlamaları da beklenir. Bu amaç için mukavva arasına pinpon toplarını koyup mukavvaları lastikle birleştirebilirler. Tasarımları bittikten sonra öğrenciler süreci ve tasarımlarını kendi sözcükleriyle açıklar. Öğrenciler oluşturdukları prototipin resmini çalışma kağıdındaki ilgili alana çizerler



Örnek bir prototip

5. Basamak: Geliştir!

Mühendislik tasarım süreci modelinin 5. ve son basamağı olan "Geliştir" Basamağında her grup, kendi Depreme dayanıklı binasını test eder. Test etme aşamasına geçmeden önce öğrencilerden binalarının yıkılıp yıkılmayacağına ilişkin tahminleri alır. Bunun için öğretmen öğrencileri hazırladığı **"Deprem Test Alanına"** davet eder. Öğretmen burada tasarımlara üç farklı şiddet uygular: Hafif → küçük sallama, Orta → orta sallama, Şiddetli → biraz daha hızlı sallama. Gruplar tasarımlarını test ettikten ve gözlemlerini yaptıktan sonra öğretmen şu soruları yöneltir:

- **"Hangi bina daha dayanıklı durdu?"**
- **"Bina sallanınca eğiliyor mu, olduğu yerde mi duruyor?"**
- **"Hangi malzemeler binayı daha dayanıklı yaptı?"**
- **"Binanızı tekrar yapsanız neyi değiştirirdiniz?"**

- **"Destek eklemek binayı nasıl etkiledi?"**
- **"Binanızı daha güçlü yapmak için başka ne ekleyebilirsiniz?"**

Öğrenciler gözlemlerini sözel olarak ifade eder ve modellerinde gerekirse güçlendirme önerileri sunarlar. Bunun için öğrenci çalışma kağıdındaki ilgili boşluğa yapacakları değişikliğin resimlerini çizerler ve değişikliği sebepleri ile sınıf arkadaşlarıyla paylaşırlar. Ardından tasarımlarını güncellerler. Sınıfta kurulan **"İyileştirme İstasyonu"**na gidip resimlerinde yaptıkları değişikliği tasarımları üzerinde de gerçekleştirirler.



Öğrencilerin tasarımlarında yapacakları örnek değişiklik görseli

Tüm gruplar depremde dayanıklı bina tasarımlarını sergiledikten ve kısaca anlattıktan sonra, sınıfta bir **"Küçük Mühendisler Tanıtım Merkezi"** kurulur. Bu merkezde görev yapan mühendisleri daha yakından tanımamız için öğrenciler hazırlanan yaka kartlarını takarlar. Yaka kartları etkinliğin başındaki mektup okunduktan sonra da verilebilir.



Öğrenciler için yaka kartları

Her grup, binası için sembollerle oluşturdukları aşağıdaki çizime benzer bir tanıtım kartı hazırlarlar. Sembollerin ne anlama geldiğini ve binaları ile ilişkisini sıra ile açıklarlar. Örneğin tasarımlarının başarılı olduğunu yıldız, sarsıntılardan yıkılmadığını tik, tasarımlarından memnun olduklarını kalp şeklindeki sembollerle ifade edebilirler. Farklı semboller de kullanabilirler.



Öğrencilerin hazırlayacakları tanıtım kartlarına yönelik bir örnek

Tüm öğrenciler birbirlerinin binalarını detaylıca inceledikten ve bilgi aldıktan sonra etkinlik tamamlanır.

-Yönergede kullanılan görsellerden bazıları Chat GPT-5 aracılığıyla çizilmiştir.

DEPREME DAYANIKLI BİNA ETKİNLİĞİ
ÖĞRENCİ ÇALIŞMA KAĞIDI
GRUP SİMGESİ

……..

MALZEMELERİMİZ

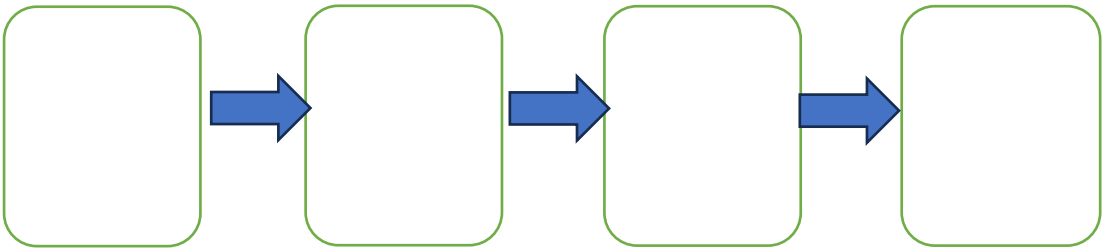


DEPREME DAYANIKLI BİNA YAPIYORUM PARMAK OYUNU

Altı geniş — **(Kollar yana açılır)**
Üstü sağlam — **(Kollar yukarı)**
Salla salla — **(Vücut hafifçe sağ–sol)**
Yıkılmadı! — **(Dimdik dur)**
Pipet direk durur dimdik — **(Ellerle uzun çizgi)**
Oyun hamuru da altında destek — **(Elleri yoğurur gibi)**
Koy üst üste — **(Ellerle kule yap)**
İşte oldu! — **(Zıpla)**
Herkes dayanıklı okula koştu — **(Yerinde koşma hareketi yapılır)**

Hayalinizdeki depreme dayanıklı binanın resmini çiziniz.

Depreme dayanıklı bina tasarlarken izleyeceğiniz basamakları aşağıya çiziniz.



Kendi depreme dayanıklı binanızı çiziniz.	Tasarımınızda neyi değiştirmek isterdiniz? Aşağıya çiziniz.

Küçük Mühendis kartınızı yakanıza takınız.





Kaynakça

Abanoz, T., & Deniz, Ü. (2021). Okul öncesi dönemde STEM yaklaşımı ve bu yaklaşıma uygun fen etkinlikleri: Sahadan görüşler. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 41*(1), 1–24. https://dergipark.org.tr/tr/pub/gefad/issue/62024/817354#article_cite

Ata-Aktürk, A., & Demircan, H. Ö. (2021). Supporting preschool children's STEM learning with parent-involved early engineering education. *Early Childhood Education Journal, 49*(4), 607–621. https://doi.org/10.1007/s10643-020-01100-1

Chiu, T. K. F., Li, Y., Ding, M., Hallström, J., & Koretsky, M. D. (2025). A decade of research contributions and emerging trends in the *International Journal of STEM Education. International Journal of STEM Education, 12*(1), 12. https://doi.org/10.1186/s40594-025-00533-7

Çetin, M., & Özlen Demircan, H. (2020). STEM education in early childhood. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 21*(1). https://doi.org/10.17679/inuefd.437445

Çınar, S., & Öztürk, Z. D. (2022). Mühendislik tasarımına dayalı STEM eğitiminin okul öncesi öğrencilerin problem çözme becerisine etkisi. *Trakya Eğitim Dergisi, 12*(1), 34–56. https://doi.org/10.24315/tred.868414

Erol, A., & İvrendi, A. (2021). Erken çocuklukta STEM eğitimi. *Erken Çocukluk Çalışmaları Dergisi, 5*(1), 255–284. https://doi.org/10.24130/eccd-jecs.1967202151265

Gözüm, A. İ. C., Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2022). Preschool teachers' STEM pedagogical content knowledge: A comparative study of teachers in Greece and Turkey. *Frontiers in Psychology, 13*, 996338. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.996338

Gülden, E., Gülden, A., & Ulusoy, N. (2023). STEM eğitimi ve okul öncesinde STEM uygulamaları. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR), 10*(94), 909–920. https://doi.org/10.26450/jshsr.3609

Hachey, A. C., An, S. A., & Golding, D. E. (2022). Nurturing kindergarteners' early STEM academic identity through makerspace pedagogy. *Early Childhood Education Journal, 50*(3), 469–479. https://doi.org/10.1007/s10643-021-01154-9

Hester, K., & Cunningham, C. (2007). *Engineering is elementary: An engineering and technology curriculum for children.* ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings. https://www.researchgate.net/publication/242476335_Engineering_is_elementary_An_engineering_and_technology_curriculum_for_children

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education, 3*(1), 11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Kennedy, T. J., & Sundberg, C. W. (2020). 21st century skills. In B. Akpan & T. J. Kennedy (Eds.), *Science education in theory and practice: An introductory guide to learning theory* (ss. 479–496). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43620-9_32

Kırtel, A., & Kuş, H. (2024). Teacher opinions on teaching social studies with the STEM approach in early childhood. *Trakya Journal of Education, 14*(Special Issue), 254–265.

Küçükbaş, H., Fil, B., & Bayhan, A. (2023). Okul öncesi öğretmenlerin STEM uygulamalarına yönelik görüşleri. *Okul Yönetimi (SAJ), 3*(2), 106–118. https://dergipark.org.tr/tr/pub/saj/issue/82633/1395838

MacDonald, A., Huser, C., Sikder, S., & Danaia, L. (2020). Effective early childhood STEM education: Findings from the Little Scientists evaluation. *Early Childhood Education Journal, 48*(3), 353–363. https://doi.org/10.1007/s10643-019-01004-9

Milli Eğitim Bakanlığı. (2024). *Okul öncesi eğitim programı: Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli.* https://tymm.meb.gov.tr/ogretim-programlari/okul-oncesi

Nikkola, T., Kangas, J., & Reunamo, J. (2024). Children's creative participation as a precursor of 21st century skills in Finnish early childhood education and care context. *Learning and Individual Differences, 111*, 102437. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2024.102437

Özok Bulut, N. (2025). *Okul öncesi STEM mesleki gelişim programının öğretmenler, çocuklar ve ailelere yansımaları* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Anadolu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Tytler, R. (2020). STEM education for the twenty-first century. In J. Anderson & L. Yeping (Eds.), *Integrated approaches to STEM education: An international perspective* (ss. 21–43). Springer Cham.

Uyulan, V., & Aslan, S. (2025). Fostering science process skills in early childhood: The transformation impact of STEM-based activities on preschool education. *International Journal of Eurasian Education and Culture, 10*(29), 100–130. http://dx.doi.org/10.35826/ijoecc.2856

Vurucu Şahin, C., & Şahin, F. (2020). Erken çocukluk döneminde bilim ve mühendislik uygulamalarının öğrencilerin karar verme ve problem çözme becerilerine etkisi [The impact of science and engineering practices on students' decision-making and problem-solving skills in early childhood]. *Journal of STEAM Education, 3*(1), 1–19.

Wan, Z. H., Jiang, Y., & Zhan, Y. (2021). STEM Education in Early Childhood: A Review of Empirical Studies. *Early Education and Development*, *32*(7), 940-962. https://doi.org/10.1080/10409289.2020.1814986

Yılmaz, G. (2023). *Okul öncesi eğitimde STEM yaklaşımının kullanımı: Oyun temelli mühendislik tasarım uygulamaları* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Bursa Uludağ Üniversitesi

İlkokul Öğretmenleri için STEM Eğitimi Uygulamaları

Zehra TOPAL ALTINDİŞ

MEB İstanbul Kadıköy Alev Alatlı Bilim ve Sanat Merkezi

Öz

Bu bölüm, sınıf öğretmenlerinin derslerinde STE(A)M uygulamalarına neden yer vermeleri gerektiğini, STE(A)M uygulamalarının pedagojik açıdan neden önemli olduğunu ve ilkokul öğrencileri için tasarlanan STE(A)M uygulamalarına yönelik örnekleri içermektedir. Bölümün ilk yarısında kuramsal içerik sunulmuş olup ikinci yarısında Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli öğretim programıyla uyumlu bir şekilde işlenebilecek ders planlarına ve STE(A)M ile ilgili uygulanabilecek etkinlik örneklerine yer verilmiştir. Söz konusu bölümde hem kanıta dayalı uygulamalara ait bilgiler hem de TYMM kapsamında beceri temelli etkinlik içeirkleri sunulmuştur. Öğretmenler olarak sınıfımızda tutkuyla bizi dinleyen, ilgili, öğrenme arzusuyla dolu, meraklı ve üretken öğrencilerimizin olmasını isteriz. Nitekim tutku aktarılabilir bir duygudur. Ancak bu konuda birçoğumuzun umduğunu bulamadığını söylersek mübalağa etmiş olmayız. Peki, sizce sorunun kaynağı ne olabilir? Aslında işin sırrının sınıfımızdaki öğrencileri iyi gözlemlemek olduğunu söyleyebiliriz. Öğretmenler olarak eğitim programını (müfredatı) yetiştirme telaşı ve stresi içerisinde öğrencilerimize karşı dikkatimiz zaman zaman azalabilmektedir. Öğretmenler olarak öğrencilerimizi ne kadar iyi tanırsak, onları ne kadar iyi gözlemlersek onların ilgi ve ihtiyaçlarını o kadar doğru bir şekilde belirleyebilir ve sınıf içi düzenlemeleri ona göre yapabiliriz. Diğer bir

ISBN: 978-625-6276-47-5

ifadeyle öğrencilerimizin yatkın olduğu alanları keşfedebilir ve onları öğrenmeye teşvik eden aktiviteleri sınıf ortaına taşıyabilirsek, onların merakını daha kolay uyandırırız. Böylece sınıfımızda hayalini kurduğumuz öğrenci profiline de bir adım dha yaklaşmış oluruz. Peki bizi buna götürecek sihirli bir değnek var mı? Aslında sihirli bir değnek olmasa bile öğretmenin elini çok güçlendirecek, sihir niteliğinde güçlü bir araç var diyebilirz. O aracın adı ise, STE(A)M! Bilim, Teknoloji, Mühendislik, (Sanat) ve Matematik disiplinlerinin entegre edilmesiyle oluşturulan öğretim içeriği (ders planı, etkinlik vb.) ile öğretmenlerimiz harikalar yaratabilir! Peki, küçük yaş grubunda/ilkokul düzeyindeki öğrencileiyrle STEM etkinliklerini nasıl uygulayabiliriz, STEM'i ilkokul öğrencileirinin bulunduğu sınıflarda nasıl kullanabiliriz? Söz konusu bu bölüm bu sorular odağa alınarak ilkokul (temel eğitim düzeyinde görev yapan) öğretmenleri için hazırlanmıştır.

Giriş

2001 yılında STEM (Fen-Teknoloji-Mühendislik-Matematik) teriminin alana kazandırılmasından günümüze kadar, dünya çapında K-12 STEM öğretimi ve öğrenimini yaygınlaştırmak ve iyileştirmek için sayısız girişimin olduğu (Freeman vd., 2014) belirtilmektedir. Dünya genelinde STEM politika belgelerinin yayınlanmasıyla (örneğin, Avustralya Müfredat, Değerlendirme ve Raporlama Kurumu, 2016; Avrupa Komisyonu, 2015; Hong, 2017; Ulusal Araştırma Konseyi (NRC), 2012), K-12 eğitiminde STEM'in uygulanması, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik öğretimine yönelik ayrı disiplin yaklaşımları yerine, genellikle "entegre STEM eğitimi (STEM+)" olarak adlandırılan disiplinlerarası veya bütünleşik öğretime odaklanmıştır (Roehrig, vd., 2021). Söz konusu bu bölümde de ilkokul düzeyindeki öğrencilere yönelik yapılabilecek STEM ve STEM+ çalışmalarına dair kuramsal, kanıta dayalı e sınıf içi uygulamalara yönelik içerikler sunulmuştur.

Eğitim, bireylerin dünya görüşlerini şekillendirmek için kullanılan en önemli araçlardan biridir ve insanlığın karşı karşıya olduğu sürdürülebilirlik ile ilgili sorunları ele almada büyük bir potansiyele sahiptir (Laininen, 2019). Dolayısıyla sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesinde STE(A)M'in kullanımına ilişkin kanıta dayalı araştırmalar önemli bir yere sahiptir. Örneğin Putri'nin araştırması, STEAM yoluyla öğrenmenin öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini, motivasyonlarını, ilgilerini, yenilikçi üretim becerilerini ve kişisel olmayan iletişim becerilerini geliştirmede etkili olduğunu ortaya koymuştur (Putri ve ark., 2023). Ayrıca, STE(A)M'in öğretim ve öğrenim sürecinde öğrenciler ve öğretmenler için

sağladığı faydalar üzerine birkaç bibliyometrik analiz yapılmıştır (Supriyadi ve ark., 2023; Jumini ve ark., 2022; Phuong ve ark., 2023). STEAM entegrasyonu, daha etkili müfredatlar ve öğretim uygulamaları geliştirmek için kullanılmaktadır (Meletiou-Mavrotheris ve ark., 2022; Silva-Hormazábal Alsina, 2023). Nitekim 2024 yılında güncellenen öğretim programımız Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli olarak öğretim ile ilgili ekosistemin odak noktası haline gelmiştir. TYMM eğitim programı öğrencinin bilişsel, sosyal-duygusal ve psikomotor becerilerinin hepsinde bütünsel gelişimini ön planda tutan, öğrencinin yalnızca bilgi edinmesini değil, bilgiyi kullanmasını, uygulamasını ve anlamlandırmasını sağlayan bir anlayışı benimsemektedir. Öğretim programının içeriği bu özelliklere göre yenilenmiştir. Programın öğrencilerin bütünsel gelişimini destekleyen yönü; gerçek yaşamdaki problemlere yaratıcı çözüm geliştiren öğrenme, uygulama ve geliştirme yaklaşımı olan STE(A)M ile bütünlük sağladığını ifade edebiliriz. Ayrıca çağın ihtiyaç duyduğu insan profilinin yetiştirilmesi noktasında da olumlu etkilerinin olduğu ifade edilebilir. Nitekim TYMM'nde geliştirilmesi hedeflenen öğrenci profilinde yetkinlik ve erdem önemli bir yer tutmaktadır. Bu bağlamda, yetkinlik belli bir alanda gerekli olan bilgi ve becerilere sahip olmayı ifade ederken; erdem, ruhsal olgunluğu başka bir ifadeyle ahlaken övülen meziyetleri kapsar. Tüm bunlar, TYMM öğretim programı içinde yer alan öğrenme öğretme uygulamalarıyla bireye aktarılması beklenmektedir. Bu uygulamaların ne derece nitelikli uygulandığı ve öğrenci ilgi ve ihtiyaçlarına yönelik uyarlanıp uyarlanmadığı öğretmenlerin mesleki yeterlikleriyle paralellik göstermektedir. Bu bölümde öğretmenlerin öğretimsel yeterlik düzeylerine katkı sunarak onları mesleki açıdan desteklemek ve yeni uygulamalar yapma

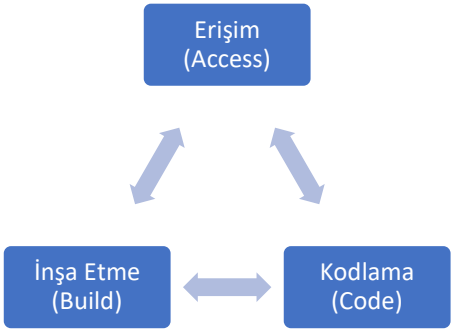
konusunda ilham vermek amaçlanmıştır. Bunun için önce öğretmenlerimize kuramsal bir çerçeve sunulmuş, sonrasında sınıf içinde kolay ve herkesin rahatça erişim sağlayacağı materyaller ile etkinlik örneklerine yer verilmiştir.

21. Yüzyılın En Önemli Bileşeni STE(A)M Nedir ve Neden Gereklidir?

"Dijital Yerli" kavramıyla bizi tanıştıran Marc Prensky, bu kavramı kişisel bilgisayarların, elektronik oyunların (PC ve tablet oyunları da dahil) ve cep telefonların var olduğu dünyada büyüyen jenerasyonu tanımlamak için kullanırken bizleri de dijital göçmenler olarak (Prensky, 2001) tanımlamıştır. Örneğin bu nesil internetsiz bir dünyanın nasıl olduğunu tasavvur edemezler. Bu nedenle Prensky, dijital yerlilerin bilgiyi atalarından daha farklı şekilde işleyip içselleştirdiğini, söyler. Diğer taraftan bazı kaynaklar dijital yerlilere "uygulama jenerasyonu" adını vermiştir (Gardner&Davis, 2013). Bu kavramlara ek olarak literatüre bir de dijital melez (Yıldız, 2012) kavramı eklenmiştir. Yıldız (2012) dijital melezlerin, 1970 ile 1999 yılları arasında doğanları temsil ettiğini belirtmiştir.

Eğitim sistemindeki paydaşlar (özellikle öğrenci ve öğretmen odağa alındığında) düşünüldüğünde, her üç neslin de aynı çatı altında etkileşim halinde olduğu ifade edilebilir. Dolayısıyla alanyazında yer alan bilgilerden hareketle eğitimde şöyle bir handikap içerisinde olduğumuzu söyleyebiliriz. Farklı bir (klasik, eski yöntemler) eğitim sisteminde yetişerek öğretmen olan bizler farklı bir dünyada gözlerini açan farklı bir dil konuşan (dijital dil, milenyum çağına ait iletişim tarzı/ağzı) kitleye eğitim vermeye ve öğretim yapmaya çalışıyoruz. Kısaca

eğitim sistemimizin kısa devre yaptığını ve yeniden yapılandırılmaya ihtiyaç duyduğunu söyleyebiliriz. Eğitim içeriğini yapılandırırken öğretmenlere yol gösterecek şeyin kanıta dayalı uygulamalar olduğu söylenebilir. Bunun en temel gerekçesini de yine Marc Prensky' nin şu sözüyle özetleyebiliriz, "Öğrencilerimiz radikal bir şekilde değişmektedir. Günümüzdeki öğrenciler artık bizim için tasarlanmış eğitim sisteminde öğrenebilecek kişiler değildir". Dolayısıyla öğretmenler olarak 21.yüzyılın ABC'sine hâkim olmalıyız ve öğretim programlarımızı buna göre şekillendirmeliyiz. Söz konusu 21. yüzyılın ABC'si şekil 1'de sunulmuştur.



Şekil 1. 21. yüzyılın ABC'si.

Aslında 21. yüzyılın bireylerine eğitimin en önemli bileşenlerini aktarırken biz öğretmenlere avantaj sağlayacak en önemli öğretimsel gücümüzün STEM çatısı altında planlanan öğretimsel içerikler olduğunu söyleyebiliriz. Sadece yerel eğitim politikalarında değil evrensel düzeydeki eğitim politikalarında STEM her geçen gün pastadaki dilimini büyütmektedir diyebiliriz. Örneğin, Ulusal Araştırma Konseyi (2012) tarafından yayınlanan K-12 fen eğitimi için BA çerçevesi: Uygulamalar, kesişen kavramlar ve temel fikirler, ABD'de K-12 sınıflarında fen

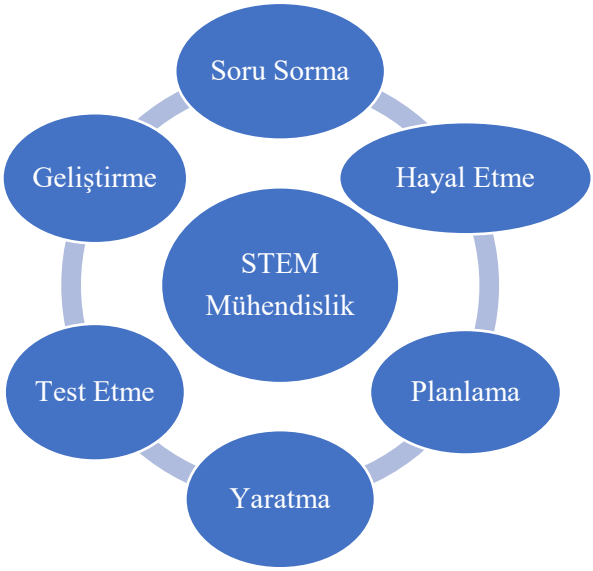
eğitiminin mühendislik ve teknoloji uygulamalarıyla entegre edilmesi gerektiğini önermektedir. Son on yılda ABD'de fen eğitimini STEM eğitimini de kapsayacak şekilde genişletme eğilimi, dünyanın birçok ülkesinde de görülmektedir (Marginson, Tytler, Freeman&Roberts, 2013). Ayrıca, STEM ile ilgili öğrenme fırsatları, İlkokul Müfredat Kılavuzu (Müfredat Geliştirme Konseyi (CDC), 2011) içindeki Genel Çalışmalar dersinde, Günlük Yaşamda Fen ve Teknoloji başlığı altında da sunulmaktadır (So, Zhan, Chow & Leung, 2018). Bunun yanında dünyanın dört bir yanında STEM konferansları, çalıştayları ve etkinlikleri de düzenlenmektedir. Örneğin en yakın tarih olarak 26 Şubat 2026 tarihinde Birleşik Krallık'ta (İngiltere) National STEM Learning Centre'da düzenlenecek olan "STEM Digital conference: Tech and AI to Tackle Teacher Workload" başlıklı kongreyi meslektaşlarıma önerebilirim (Detaylı bilgi için bkz. https://www.stem.org.uk/stem-digital-conference-tech-and-ai-to-tackle-teacher-workload). Bu tarz etkinliklerde sınıfınızda fen bilimleri öğrenimini nasıl zenginleştireceğinize dair yeni fikirleri ve uygulamaları, ayrıca ilkokul fen bilimleri dersinde öğrenci katılımı ve başarıyı artırmanızı sağlayacak çeşitli destekleyici kaynakları keşfedebilirsiniz.

STEM'i Zenginleştiren Etmenler

STEM, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematiğin basit bir birleşimi değil, dört disiplinin entegrasyonudur. Bu nedenle, dört unsur arasındaki ilişkinin sistematik ve planlı bir şekilde kullanılması STEM'in ruhunu yansıttığını ifade edebiliriz. Bu bağlamda bu görüşü destekleyen araştırmalar bulunmaktadır. Bilimsel düşünme ve bilimsel araştırma basamaklarına dair bilgilerin ilkokul düzeyinde verilmesine yönelik alanyazında

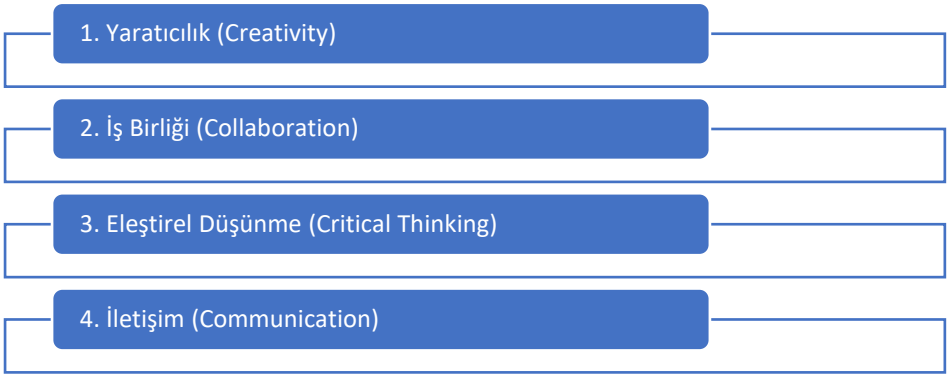
çeşitli çalışmalar (Jeong, Songer & Lee,2007; NAE ve NRC, 2014; NRC, 2013; Toulmin ve Groome, 2007; New York Eyalet Üniversitesi, 2000; Zollman, 2012) bulunmaktadır. Diğer taraftan, Uluslararası Teknoloji ve Mühendislik Eğitimcileri Derneği (2000), teknoloji okuryazarlığın geliştirilmesi için yaşa uygun ve kapsamlı öğrenme standartları sağlamıştır. Örnek olarak CDC (2011), Gagel (1997), Garmire ve Pearson (2006), Hayden, O'Neill, Meyer, Carballada, Sanford ve Cohen (2008), NAE ve NRC (2014), Pensilvanya Eğitim Bakanlığı (2009) ve Toulmin ve Groome' un (2007) çalışmaları verilebilir. Matematik ve fen disiplinlerinin ne düzeyde ilişkili olduğunu vurgulamak için yapılan çalışmalar da bulunmaktadır. Örneğin So (2013), ilkokul öğrencilerinin fen araştırmalarında sayısal okuryazarlığın kullanımının çoğunlukla veri toplama için saymaya, ortalamaları hesaplamaya ve yüzdeleri hesaplamaya dayandığını buldu. STEM etkinlikleriyle bu beceriler derinleştirilebilir.

STEM etkinliklerinde "mühendislik" disiplinini uygularken aşağıdaki adımları takip edilebilir:



Şekil 2. STEM- Mühendislik Uygulama Adımları

21. yüzyılın dijital yerlilerine ya da uygulama jenerasyonuna (Prensky, 2001) çağın dinamiklerine uygun içerikler planlarken öğretmenler olarak öğretme tekniklerimizi geliştirmeliyiz. Bu nedenle planladığımız STEM içerikli derslerimizi, 4C olarak adlandırılan 21. yy becerilerini de kapsaması önemli farklılıklar oluşturacaktır. Şekil 3'te 4C becerileri sunulmuştur.



Şekil 3. 4C Becerileri

21. yüzyılın insan profiline, yani 4C profiline ulaşabilmek için öğrencilerimize iletişim, iş birliği, eleştirel düşünme ve problem çözme, yaratıcılık gibi üst düzey becerilerde yetkinliğe ulaştırmamız gerekecektir. Bunu da ancak güçlü bir pedagojik alt yapıya sahip, üretken, yenilikçi öğretmenlerle başarabiliriz.

Şekil 3'te sunulan 4C'de yer alan becerilerin ilki yaratıcılığın alanyazında tek bir tanımın olmadığını ifade ederek söze başlamak anlamlı olacaktır. Alan uzmanları, yaratıcılığın sahip olduğu dört farklı boyutun (kişi, ürün, süreç ve çevre) söz konusu durumu oluşturduğunu belirtmektedir. Araştırmacı hangi boyuta odaklanırsa tanım da o çerçevede yapılmaktadır. Bu durum da tek bir tanımın oluşmasının önüne geçmektedir. Kaufman ve Beghetto (2013) yaratıcılık türleriyle ilgili olan çalışmasında yaratıcı ifadenin çeşitli düzeylerini kavramsallaştırmak ve sınıflandırmak için bir çerçeve sunmuştur ve bunu Dört-Y (Four-C) Yaratıcılık Modeli olarak ifade etmişlerdir (Kanlı, 2019; Topal- Altındiş, 2023). Söz konusu modele göre Mini-C (Mini-y), çocuğun kendisi tarafından değerlendirilen ve belirli donanıma sahip bir sosyal grup (ör.

öğretmen, anne-baba vb.) tarafından oluşturulmuş olan herhangi bir standartla karşılaştırılmasının yapıldığı ürünü temsil eder (Jennings, 2020). Little-c (Küçük-y) ise yeni, uygun ve "günlük düzey"de yaratıcılık olarak kabul edilen öğretmen, sınıf arkadaşları vb. bir sosyal standart tarafından değerlendirilerek kabul görmüş ürünü temsil eder (Jennings, 2020). Üçüncüsü Pro-c olup uzmanlık düzeyinde yaratıcılığı, dördüncüsü ise Big-c olarak adlandırılan son derece nadir ve seçkin düzeyde çalışmalar ortaya konan büyük yaratıcılığı temsil etmektedir. Söz konusu yaratıcılık modeli odağa alındığında öğretmenler öğrencilerinden hangi düzeyde yaratıcılık performansı beklemelidir, sorusu akıllara gelebilir. Buradan hareketle, öğretim ortamındaki ilkokul öğrencisinden küçük-y (little-c) düzeyinde yaratıcılık performansı beklemek ideal olanıdır. Nitekim PISA'nın yaratıcı düşünme tanımı da "küçük-y (little-c)" yaratıcılığı kavramıyla örtüşmektedir. PISA 2022 Yaratıcı Düşünme testi, üç fikir üretme sürecini ölçmek için tasarlanmış 32 açık uçlu soru ile 60'tan fazla ülkede 140.000'den fazla öğrenciye uygulanmış ve öğrenci performansları bilgisayar tabanlı değerlendirme ile yapmıştır (Barbot&Kaufman, 2025; PISA in Focus, 2024). Sınava dahil olan dünyanın dört bir yanındaki öğrencilerin günlük bağlamlarda makul ölçüde sergileyebildiği yaratıcı düşünme türlerini ne ölçüde yansıttıkları önemsenmektedir. Dolayısıyla bu sınav, öğrencilerin fikir üretmesini, bunların uygunluğunu ve yeniliğini değerlendirmeyi ve tatmin edici bir sonuç elde edilene kadar bu fikirleri geliştirmeyi öğrenmelerinin önemini vurgulamaktadır (Barbot & Kaufman, 2025; OECD, 2024).

Bu ifadelerden hareketle öğretmenlerin görevi, öğrettikleri disiplinlere yaratıcı düşünmeyi entegre etme fırsatları tasarlamaksa, program geliştirme uzmanlarının görevi de yaratıcı düşünmeyi öğretim programlarına yerleştirme fırsatlarını açıkça haritalandırmaktır; bu süreç Lucas ve Spencer (2017) tarafından "bölünmüş ekran düşünme" olarak tanımlanmaktadır (OECD 2024, 137). Diğer bir ifadeyle, öğretmenler olarak sınıfımızdaki yaratıcı bireyi keşfetmek, ona uygun sınıf iklimini ve öğretim materyallerini oluşturmakla yükümlüyüz diyebiliriz. Dolayısıyla öğretmenin yalnızca materyal kitaplara güvenmekle kalmayıp, web 2.0 araçlarını da kapsayan teknolojiyi kullanarak çağın ihtiyaçlarına cevap veren ders içeriklerini oluşturması beklenmektedir. Bunu da en etkili şekilde sunacak içeriklerin STEM etkinlikleri çatısı altında yapılabileceği ifade edilebilir.

İkincisi, bir problemi çözmede düşünme sürecinin nasıl bir yansıma, analiz ve değerlendirme olduğunu açıklayan eleştirel düşünmedir. Eleştirel düşünme, tek bir cevapla yetinmez, en iyi çözüme ulaşmak için analitik becerilerin işe koşulmasını kapsar, diyebiliriz. Üçüncüsü ise iş birliğidir; değişimin temel başarılarından biri iş birliğine dayalı katılımdır (Cleveland-Innes, Emes ve Ellard, 2001). Öğrenciler bu beceriyi STEM etkinlikleriyle günlük yaşamda işin bir parçası olarak öğrenmektedirler. Sonuncusu ise iletişimdir. Be beceri dinleme becerisi, sözel, beden dili ve teknolojiyi kullanma biçiminde temel bir yeterliliktir. Bu bilgi, her insanın sosyal bir varlık olarak birbirleriyle nasıl iyi iletişim kurabileceğini uygulamalı bir şekilde göstermektedir (Sunardi&Doringin, 2020). 4C ile desteklenmiş STEM etkinliklerinin öğrencilere gerçek yaşam problemleri karşısında iş birliği yaparak problemlere yaratıcı

çözümler geliştirmeyi desteklediği söylenebilir. Sınıfınızda tanı almış özel yetenekli öğrenciniz var ise bu tarz uygulamalar ve ekinlikler içeriği farklılaştırma (zenginleştirme, karmaşıklaştırma, derinleştirme) noktasında da işinizi kolaylaştıracaktır.

Ayrıca özel yetenekli öğrencinizin derste sıkılmasının önüne de geçmiş olursunuz. Çünkü özel yetenekli bireyler sahip oldukları bilişsel, duyuşsal ve gelişimsel farklılıklardan dolayı kendilerine has özelliklerine ve ihtiyaçlarına uygun bir eğitime gereksinim duyarlar (Kanlı ve Emir, 2013). Derste uygulayacağınız 4C ile zenginleştirilmiş STEM etkinlikleri ile sınıftaki öğrencilerinizin ilgi ve seviyelerine uygun içerikler sunabileceksiniz.

STEM Etkinliği 1: Tekerlekler Şekil Değiştirirse[1]

Öğretmen derse bell-work çalışmasıyla (öğrencilerin dikkatlerini toplaması ve onları öğrenmeye hazırlamak için ders başında yapılan çalışma) başlayabilir. Bunun için akıllı tahtadan görselleri (Fotoğraf 1 ve Fotoğraf 2' deki Qr Kod ile ulaşılabilir) yansıtabileceği gibi öğrenci sıralarının üzerine bu görsellerin renkli çıktısı alınıp bırakılabilir. Öğrenci sınıfa gelip sırasına oturduğunda onu karşılayan görseller hakkında meraklanır ve tahminlerde bulunmaya başlar. İlgisini ve dikkatini toplamaya başlayan öğrenciler öğrenmeye daha istekli olacakları için bir sonraki adıma geçmeye hazır olacaklardır.
Söz konusu etkinlik öğrencilerin uzamsal düşünme becerilerini destekleyecek şekilde planlanmaya özen gösterilmiştir. Etkinlik

[1] *Söz konusu etkinlik https://www.exploratorium.edu/education kaynağından uyarlanmıştır.*

bağlamında öğrenciye aktarılması hedeflenen kazanımlar (TYMM'ye göre öğrenme çıktıları) Tablo 2'de sunulmuştur.

Alan	**Kazanımlar**
Bilim	Bilimdeki gelişmelerin ulaşım araçlarını nasıl etkilediğini açıklar. Bilimin birikimsel ilerlediğini fark eder.
Teknoloji	Tasarımına ait çoklu ortam sunusunu hazırlar. Teknolojideki gelişmelerin gerçek yaşam problemlerini çözmedeki etkisini değerlendirir.
Mühendislik	Bir mühendislik projesinin içerdiği süreçleri tespit eder. Planlama, prototip oluşturma, tasarım, yürütme, kalite kontrol ve raporlama gibi aşamaları açıklar. Mühendislik alanlarındaki araştırma konularını analiz eder. Tasarımın prensiplerinin nasıl kullanıldığını tasarım sürecinde gösterir. Problemi analiz ederken farklı matematiksel kavramları ve yöntemleri kullanır.
Matematik	Standart uzunluk ölçme birimlerinden santimetrenin kullanım alanlarını belirtir.
STEM +	Bilimdeki gelişmelerin; teknolojinin gelişmesine, tek-nolojide yeni icatla ve uygulamalara yol açtığına ör-nekler verir. Teknoloji okuryazarlığı, Fen ve Matematik okurya-zarlığı ve üst düzey düşünme becerilerini entegre ederek kullanır

Derste yapılacak uygulamada kullanılan malzemeler aşağıda yer alan "Gerekli Malzemeler" başlığı altında sunulmuştur.

Gerekli Malzemeler:

- Yaklaşık 20 adet karton tuvalet kâğıdı rulosu (hepsi yaklaşık olarak aynı çapta)
- Karton ruloların tabanı olarak kullanılacak köpük levha, sert karton veya mat karton, yaklaşık 10 x 75 cm
- Silikon tabancası ve yedek silikon çubukları (3-4 adet)
- Poster kartonu veya mat karton (Amerikan Bristol Karton bir yüzü parlak bir yüzü mat) yaklaşık 20 x 25 cm bunların yerine mukavva kâğıdın üstüne el işi kâğıdı yapıştırarak da yapılabilir.
- Makas
- Kurşun kalem veya tükenmez kalem
- Cetvel
- Pipet
- İki bambu (ahşap) şiş
- Ataç
- İp, yaklaşık 30 cm

Uygulama düzeneği hakkında bilgiler yer almalıdır.

Uygulama Düzeneği:

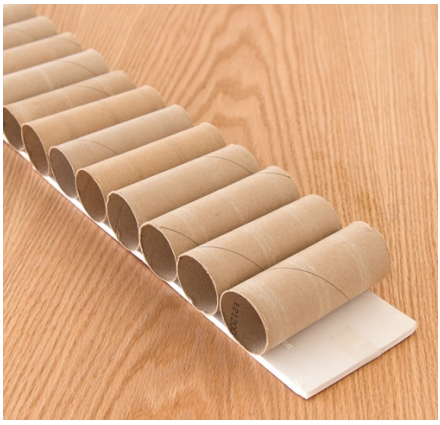




Fotoğraf 1: Kare Tekerlekli Bisiklet Fotoğraf 2: Lego Tasarımı

(Dikkat çekme aşaması)

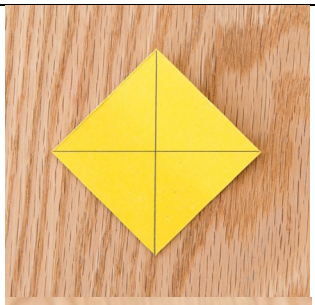




Fotoğraf 3: Gerekli Malzemelerin Tümü

Fotoğraf 4: Kare tekerleklerin gideceği yol

Öğretmenin, "Kare bir çiviyi yuvarlak bir deliğe sokamayabilirsiniz, ancak kare bir tekerleği yuvarlak bir yolda yuvarlayabilirsiniz. Nasıl olduğunu bu etkinlik ile hep birlikte göreceğiz. Lütfen yönergelerimi dikkatle dinleyiniz." Söylemi doğrultusunda derse giriş yapılabilir.



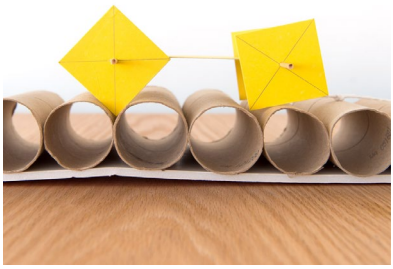




Fotoğraf 5: Kare Tekerlek Fotoğraf 6: Araba Gövdesi.
Fotoğraf 7: Araba modeli

Öğretmen için not: Etkinlikte öğrencilere verilmek istenen mesaj, "Kare tekerlekler, doğru boyut ve şekle sahip tümseklerin bulunduğu bir yüzeyde sorunsuz bir şekilde yuvarlanır."







Fotoğraf 8: Bağlantı Noktası Fotoğraf 9: Yolda Giden Araba. Fotoğraf 10: Çekilen Araba

Fotoğraf 11: Karikatür-Eleştirel Düşünme Fotoğraf 12: Gerçek Yaşamda Kare Tekerlek

Uygulama Aşamaları

- İlk adımın kare tekerleklerin gideceği yolu hazırlamak olduğu öğrencilere hissettirilir. Burada öğrencilere sorular sorarak düşünmeleri sağlanır. Örnek sorulabilecek sorular:

"Her araç her yolda gidebilir mi, neden? Yuvarlak tekerlekler her yolda gidebilir mi, neden? Kare tekerlekli bir araç kullanmak ister miydiniz, örneğin kare tekerlekli bir bisiklet, neden?" vb. sorulabilir. Bu sorular dersin işlenmesinde benimsenen 5E Modelinin ilk adımı olan "Giriş" (Engage) aşamasını yansıttığı ifade edilebilir.

- Malzemeler sıra üzerinde hazır tutulur. Öğretmen bu malzemeleri kullanarak ne yapacakları hakkında öğrencilerin tahminlerini alarak onların keşfetmelerini sağlar. Öğretmen yaş grubunu dikkate alarak silikon tabanca kullanımında yardımcı olabilir.

  Bu aşamadan başlayarak ürünün oluşmasına kadar olan adımlar 5E Modelinin ikinci adımı olan "Keşfetme" aşamasını karşıladığı ifade edilebilir.
- Silikon tabancayı kullanarak tabanın bir ucuna karton ruloları yerleştiriniz. Tabanın diğer ucuna ulaşana kadar, her bir rulo bir öncekine hafifçe değecek şekilde ruloları yapıştırmaya devam ediniz (Bkz. Fotoğraf 4).
- Üç veya dört tuvalet kâğıdı rulosunun çapını ölçünüz. Çaplar yaklaşık 4,3 cm olmalıdır. Bu durumda, mukavvadan (sert kartondan) 5 cm kenarlı dört kare tekerlek kesiniz. Uygulama düzeneğinde yer alan fotoğraf 5'te gösterildiği gibi iki köşegen çizerek her kare tekerleğin merkezini bulunuz. Her kare tekerleğin merkezine raptiye ile küçük bir delik açınız, tekerleği bükmemeye veya kırıştırmamaya dikkat ediniz (Bkz. Fotoğraf 5).

- Afiş kartonundan 5 x 12 cm boyutlarında bir dikdörtgen kesiniz. Ardından her biri 5 cm uzunluğunda iki parça pipet kesiniz. Pipet parçalarını poster kartonunun dikdörtgen parçasına her iki ucundan 1 cm uzaklıkta olacak şekilde yapıştırınız (Bkz. Fotoğraf 6). Bu montaj, yapılacak olan tasarımdaki küçük arabanın gövdesi olacaktır.
- Bambu/ahşap şişleri, her biri bir ucunda sivri uçlu olacak şekilde 12 cm uzunluğunda iki parçaya kesiniz. Bunlar tasarlanacak arabanın aksları olacaktır. (Şişleri makasla kesemiyorsanız, şişleri kırınız veya maket bıçağıyla kesiniz.)
- Kare tekerleklerden birini, sivri uçlu olmayan uçtan yaklaşık 2 cm uzaklıkta olacak şekilde şişin üzerine kaydırınız. Sivri ucu pipetin içinden geçiriniz ve ardından diğer kare tekerleği şişin üzerine kaydırınız. Tekerlekleri birbirleriyle hizalanacak ve arabanın kenarına oldukça yakın olacak şekilde ayarlayınız. Tekerlek ve aks düzeneği pipetlerin içinde serbestçe dönmelidir. Diğer tekerlek setini de aynı şekilde monte ediniz. Tüm tekerlekler takıldığında, araba fotoğraf 7'deki gibi görünmelidir.
- Kenarlardan eşit uzaklıkta olacak şekilde pipet ile araba gövdesinin ucu arasına bir delik açınız. Ataşın bir ucunu delikten geçiriniz ve fotoğraf sekizde gösterildiği gibi konumlanana kadar ayarlayınız.
- İpin ucuna bir ilmek atınız ve ataşın üzerine yerleştiriniz (Bkz Fotoğraf 8).
- Arabayı karton rulolardan yapılan "yolun" bir ucuna yerleştiriniz (Bkz. Fotoğraf 9). Her bir aks üzerindeki

tekerleklerin birbiriyle hizalı olduğundan emin olunuz. Ayrıca, tekerleklerin akslara dik olduğundan ve aşırı eğik veya sallantılı olmadığından emin olunuz. Eğer öyleyse, silikon tabancasıyla az miktarda yapıştırıcı kullanarak tekerlekleri aks üzerinde sabitleyiniz.

- İpi hafifçe çekiniz, böylece arabanın yol boyunca nasıl ilerlediğini gözlemlemiş olabileceksiniz. Arabanın düzgün bir şekilde yuvarlandığını ve aksların makul bir şekilde sabit bir yükseklikte kaldığını öğrencilerinizin fark etmesini sağlayınız (Bkz. Fotoğraf 10).
- Kare tekerleklerle sorunsuz bir sürüş yapılabildiğini gören öğrencilerin görüşleri alınır. Etkinlik sırasında onları en çok neyin şaşırttığı sorulabilir. Bu, araba ilerlerken her bir aksın yolun yatay tabanına olan dikey mesafesinin yaklaşık olarak aynı kalması nedeniyle mümkün olduğu bilgisi paylaşılır. Araba ilerlerken dikkatlice incelediklerinde, aksın ne yükseldiğini ne de alçaldığını gözlemlemiş olacaklardır. Bu durumun engebeli yoldaki yüksek noktalar, kare tekerleğin düz noktaları tarafından tam olarak dengelenmesinden kaynaklandığı belirtilir. Bu adım, 5E Modelinin üçüncü adımı olan "Açıklama" (Explain) aşamasını karşıladığı ifade edilebilir.
- Kare tekerleklerle tamamen düz bir sürüş sağlayan eğri, daire değil, katener eğrisi adı verilen özel bir şekildir. Yapılan uygulamadaki gibi dairelerden (karton rulolardan) oluşan bir yol, buna (katener eğrisine) oldukça yakındır ve günlük yaşantımızda kullandığımız basit malzemelerle kolayca inşa edilebilir.

- Daha fazla bilgiye ihtiyaç duyan öğrenciler için öğretmenler derinleşme yapabilir. Bunun için bahsi geçen katener eğrisinin nasıl oluşturulabileceği veya gerçek yaşamda nerelerde karşımıza çıkabileceği ile ilgili ek bilgiler paylaşılabilir. Katener eğrisini görmek için bir zincir veya kalın bir ip bulunuz, her iki ucunu da ellerinizle tutunuz ve baş aşağı sarkıtınız. Ters çevrildiğinde, katener eğrisi, Amerika Birleşik Devletinin Missouri eyaletinin St. Louis kentindeki Gateway Arch gibi, sadece kendi ağırlığını taşıyan bir kemere en büyük mukavemeti (direnci) sağlar (Daha fazla bilgi için bkz. https://www.ekoyapidergisi.org/gateway-arch-futuristik-kemer). Katener Eğrisinin açıklandığı ve örneklendirildiği bu adım, 5E Modelinde dördüncü adım olan "Derinleşme" (Elaborate) aşamasını karşılamakta olduğu ifade edilebilir.
- Değerlendirme bu modelde öğrenmenin sonunda değil öğrenme sürecinin içerisinde devam eder ve öğretime yön vermek amacıyla da kullanılır. Dolayısıyla öğretmen süreç içerisindeki gelişimi gözlemleyebilir. Web 2.0 araçlarını kullanarak kendisine rehberlik edecek geri dönütler alabilir ya da konu sonunda da genel bir değerlendirme yapabilir. Bunun için öğrenciler için özdeğerlendirme ölçekleri kullanabilir ya da kahoot, quizme, Mentimeter ya da wordwall gibi uygulamaları kullanarak çeşitli değerlendirmeler yapılabilir.

Önerilen uygulamalar, kaynaklar ve e-kaynaklar

Bu bölümde ilgili bölümün öğretimi için öğretmenlere ilham verecek çeşitli materyallerin listesi sunulmuştur. Etkinlikle doğrudan ilgili olan kaynaklar etkinliğin uygulama adımı kısmında verilmiştir.

- Lego Kare Tekerlek Nasıl Yapılır? https://performancemanagementcompanyblog.wordpress.com/tag/lego-and-square-wheels-illustrations/
  (Linkteki metinde öğretmene TYMM'nde yer alan erdem-değer-eylem çerçevesi için kullanabileceği içerikle ilgili ilham verebilecek bir metin de yer almaktadır). Bu uygulama ile öğrencilerinizin sosyal-duygusal gelişimlerini destekleyebilirsiniz.

STEM Etkinliği 2: Bloklardan Kuleye: Üç Boyutlu Tasarım Deneyimi

Söz konusu etkinlik öğrencilerin uzamsal düşünme becerilerini destekleyecek şekilde planlanmaya özen gösterilmiştir. Etkinlik bağlamında öğrenciye aktarılması hedeflenen kazanımlar (TYMM'ne göre öğrenme çıktıları) Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. *Hedeflenen Kazanımlar (Öğrenme Çıktısı)*

Alan	**Kazanımlar (Öğrenme Çıktısı)**
Bilim	Bilimdeki gelişmelerin mimariyi nasıl etkilediğini açıklar.
	Bilimin birikimsel ilerlediğini fark eder.
Teknoloji	Tasarımı/Projesi için taslak çizimleri program üzerinde yapar
	Tasarımına ait çoklu ortam sunusunu hazırlar.
Mühendislik	Teknoloji ve mimari arasındaki ilişkiyi açıklar.
	İnşaat mühendisliğini diğer disiplinlerle karşılaştırır
Matematik	Standart uzunluk ölçme birimlerinden santimetrenin kullanım alanlarını belirtir.
	Çevre bilgisi verildiğinde alanı yorumlar.
	Verilen çevre uzunluğuna sahip farklı şekiller oluşturur.
	Verilen şekillerin alan uzunluğunu tahmin eder.
	Çevre ve alan hesaplaması arasındaki farkı açıklar.
	Oluşturduğu özgün şeklin alanını hesaplar.
STEM +	Bilimdeki gelişmelerin; teknolojinin gelişmesine, teknolojide yeni icatla ve uygulamalara yol açtığına örnekler verir.
	Teknoloji okuryazarlığı, Fen ve Matematik okuryazarlığı ve üst düzey düşünme becerilerini entegre ederek kullanır

Gerekli Malzemeler:

- Kapla Ahşap Blokları / Jenga Oyunu Ahşap Blokları
- Düz bir zemin (yer/zemin ya da masa vb.)
- Kulenin sağlamlığını test etmek için kulenin üstüne konulacak kalın kitaplar
- Kişisel Bilgisayar ya da tablet
- İnternet bağlantısı (Tinkercad uygulaması için)
- QR kod (ders metnine ulaşmak için)



Metin QR Kodu

Uygulama Hakkında Bilgiler:

Derse bell-work çalışmasıyla (dikkatlerini toplaması ve onları öğrenmeye hazırlamak için dersin başında kullanılan dikkat çekici etkinlik) giriş yapılabilir. Öğrencilere dünyanın en alçak (Bratislava, UFO- 95 metre) ve en yüksek kulesinin (Dubai, Burj Khalifa- 828 metre) görsellerinin de olduğu farklı kule görselleri mıknatıslı tahtaya asılır (Eyfel, Pisa, Kız ve Galata Kulesinin de olduğu) ve bu kuleleri en yüksekten başlayarak sıraladığımızda nasıl olacağı sorulur. Bu

uygulama grup çalışması şeklinde yapılacağı gibi kronometre ile bireysel bir etkinlik şeklinde de yapılabilir.

Öğrencilere genelden özele yaklaşım çerçevesinde sorulacak sorulara daha yakın çevresine yöneltilir. Örneğin; ailesinde mühendis olanlar baş parmağını kaldırsınlar lütfen. Ardından, mühendislerin görev tanımın ne olduğu (ne iş yaptığı) sorulabilir. Öğrencilere ebeveynlerinin mühendisliğin hangi alanında uzmanlaşmış oldukları ya da çalıştıkları sorulabilir. Kaç farklı mühendislik dalı (alanı) olduğunu bilip bilmedikleri sorulabilir. Mühendislik; elektrik, inşaat, kimya ve makine olmak üzere 4 ana daldan oluşmaktadır bilgisi öğrenci cevaplarından sonra söylenir ve her dal hakkında bilgi verilir. Öğrencilere bu derste birer mühendis olacakları, mühendislik dalından inşaat mühendisi gibi planlama, taslak çizim ve uygulama adımlarını kullanacakları belirtilir. Katmanlı öğretim tekniği kullanılarak öğrencilerin düzeylerine uygun gruplar içerisinde yer alarak içerik ve sürecin öğretmen tarafından esnek bir şekilde yapılandırılması sağlanabilir. Gruplar kendi aralarında görev dağılımı yaparlar. Grup sözcüsünü ve grup adını belirlerler. Seçilen grup temsilcisinin ders sonunda sunum yapmakla da görevli olduğu bilgisi paylaşılır.

Söz konusu bu etkinlik ile öğrenciler, mühendislik disiplininin ne olduğunu, çalışma prensiplerinin neler olduğunu anlayacaklardır. Grup çalışması sayesinde grup dinamiğini gözetme, iş birliğine dayalı öğrenme, yaratıcı düşünce, özgün tasarımlar oluşturma, grup üyeleriyle uyum içinde çalışma ve empati kurma, grup içerisinde sorumluluk alma ve görevini en iyi şekilde yerine getirme becerilerini kazanması hedeflenmektedir. Bununla birlikte gerçek yaşam problemlerine yaratıcı çözüm yolları üretme, eleştirel ve yaratıcı düşünce gibi üst düzey düşünme becerilerini de işe koşmayı öğrenmeleri beklenmektedir.

Etkinlik aşamasında öğrencilere sorulabilecek soru örneklerine değinilecek olursa;
Mühendislerin çalışma prensibinin nasıl olduğu,
Kuleyi inşa ederken nelere dikkat edilmesi gerektiği,
Grup içerisindeki görev dağılımının/ görevlendirmelerin nasıl yapılacağı ve takip edileceği,
Ölçümler için nereden ve nasıl faydalanılacağı vb.,

Öğrencilerin kendi tasarladığı kule ile daha önceki yıllarda yapılmış olan kuleler karşılaştırıldığında (örneğin Galata Kulesi, Pisa Kulesi vb.) ne tür benzerliklerin ve farklılıkların bulunduğuna yönelik sorular sorulabilir. Ayrıca QR kodu

paylaşılan metin odağa alındığında, "Pisa Kulesi'nin inşası sırasında oluşan problemlere siz olsaydınız nasıl çözüm önerileri geliştirirdiniz?" sorusu sorularak öğrencilerin yaratıcı problem çözme becerilerini ve yaratıcı düşünce süreçlerini işe koşmaları sağlanabilir.

İlkokulun ilk yıllarında olan görece daha küçük öğrenciler için kapla ahşap blokları kullanılarak psikomotor becerilerini destekleyecek etkinlik içerikleri sunulabilir. Örnek olarak öğrenci çalışmalarına ait örnek görseller sunulmuştur.







Kapla Ahşap Blok Kutusu Öğrenci Tasarımı 1 ve 2

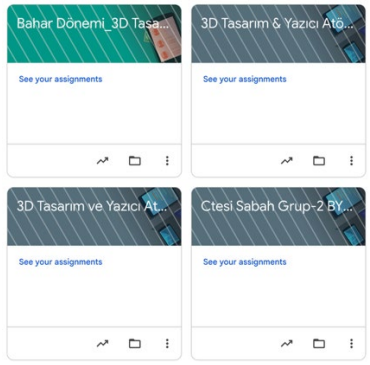
Öğrencilere etkinlik kapsamında mimari tasarımlar ile doğa arasında bir etkileşim olduğu hissettirilebilir. Örneğin Eyfel Kulesi ile insan vücudunda bulunan uyluk kemiği arasında nasıl bir ilişki olabileceği sorularak eleştirel ve yaratıcı düşünce becerileri işe koşulabilir. Bilim insanları ve mühendislerin doğadan ilham alarak çalışmalar yapması biyomimetik

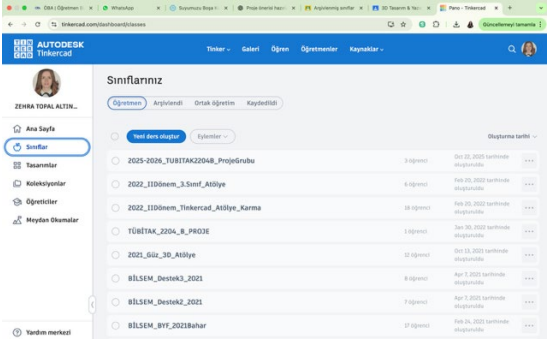
ya da biyomimetri olarak adlandırıldığı belirtilebilir. Ayakkabılarındaki cırt cırtlardan kullandıkları ataşlara kadar birçok şeyin biyomimetik yoluyla hayatımıza dahil olduğu söylenebilir. Bununla birlikte Word Wall uygulaması üzerinden oyun temelli uygulama ve etkinlikler yapılabilir. Söz konusu uygulamaya dair örnek etkinlik içeriği QR kod ile sunulmuştur. Tarayarak etkinliğe ulaşılabilir.

Biyomimetik Eşleştirme Oyunu

İlkokul üçüncü ve dördüncü sınıf öğrencileri için hem STEM hem de bilgi işlemsel düşünme becerilerinin birlikte işe koşulmasını destekleyen üç boyutlu tasarımlar yaptırılıp oluşturdukları tasarımların üç boyutlu yazıcılardan çıktı alınması sağlanabilir. Söz konusu uygulamaların planlı ve sistemli bir şekilde yürütülebilmesi için Google Classroom üzerinden sanal sınıf açılabilir. Duyurular ve bilgilendirmeler bu platform üzerinden yapılabilir. Öğretmen Tinkercad üzerinden sanal sınıf açıp sınıf kodunu öğrencileriyle paylaşarak öğrencilerinin çalışmalarını takip etme ve değerlendirme imkânı elde

edebilir. Yazar söz konusu adımları kendi meslek yaşantısında uygulamış ve öğrenciler üzerindeki etkisini/faydasını görmüştür. Söz konusu uygulamaya dair örnek görseller sunulmuştur.

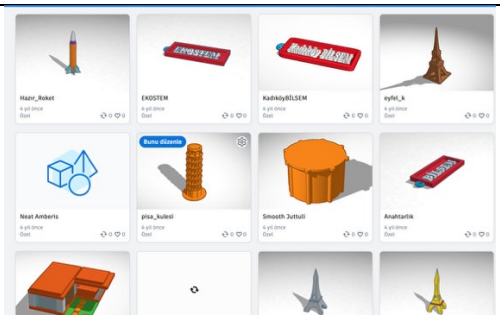




Classroom Sanal Sınıf

Tinkercad Üzerinde Açılan Sanal Sınıflar

Öğrencilerin Tinkercad üzerinden yapmış oldukları tasarımlara dair örnek görseller aşağıda sunulmuştur.







Tinkercad Öğrenci Tasarımları sayfası Galata Kulesi-Ör.1 Galata Kulesi- Ör.2

Öğrencilerin Tinkercad programı üzerinde hakimiyeti arttıkça ürettikleri tasarımlara (çalışmalar) derinleştirilebilir. Bunun bir sonraki adımında öğrencilerden kendi kişisel kule tasarımlarını yapmaları istenebilir. Öğrencilerin yaptığı tasarımlar üç boyutlu yazıcılardan alınarak dönem sonunda yapılacak sergide paylaşılabilir. Yazar tarafından önceki yıllarda yapılmış bir sergiden örnek görsel sunulmuştur.



Üç Boyutlu Tasarım Sergisi Örneği

Öğrencilerin yaş seviyeleri ve teknolojiyi kullanma düzeylerine göre sergi sanal müze şeklinde de tasarlanabilir. Bunun için "Artsteps" (https://www.artsteps.com/) adlı web2.0 aracı kullanılabilir. Söz konusu uygulama, içeriğin farklılaştırılması (derinleştirme çalışmaları) kapsamında da kullanılmaya uygundur. Örneğin bu Sanal müze VR olarak da gezilecek şekilde tasarlanmaya uygundur. Bu da yine hedef kitlemizdeki öğrencilerin ilgi, hazırbulunuşluk ve yeterlikleriyle ilişkilidir. Tüm bu adımların ne derece öğrenciye aktarıldığı ve anlatılanların öğrenci zihninde ne derece anlam ve karşılık bulduğunu değerlendirme çalışmalarıyla belirlemek mümkündür. Bu noktada hem uygulama süresinin kısalığı hem de değerlendirme sürecinin pratikliği açısından Wordart etkinliği önerilebilir. İnsan zihininde bir bilgi

özetlenebiliyorsa, kişi kendi cümleleriyle bilgiyi yapılandırabiliyorsa o bilginin öğrenilmiş olduğu sonucuna ulaşılabilir. Bu uygulamada öğrencilerden derste işlenen konuyla ilgili en az üç en fazla beş olacak şekilde kelime ya da kelime öbeği söylemeleri/yazmaları istenir. Bu sayede işlenen konuların öğrencinin zihninde ne düzeyde ve ne şekilde karşılık bulduğunu da öğretmeni olarak fark etme şansını yakalamış oluruz. Ya da, "Ders zilinin çalmasına 5 dakika kala sınıfa sıra arkadaşınız geliyor ona öğrendiğinizi beş cümle ile özetler misiniz?" şeklinde yönerge vererek sözlü ya da yazılı olarak ifade etmeleri istenebilir.

Önerilen uygulamalar, kaynaklar ve e-kaynaklar

Bu bölümde ilgili bölümün öğretimi ve öğrenimi için öğretmenlere ilham verecek çeşitli materyallerin listesi sunulmuştur. Etkinlikle doğrudan ilgili olan kaynaklar etkinliğin uygulama adımı kısmında verilmiştir.

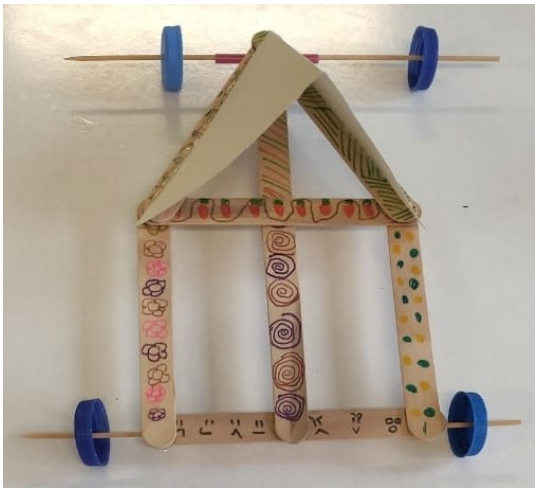
- K-12 Için Ders Planı Hazırlama Noktasında Yardımcı Kaynak: https://orise.orau.gov/k12/teachers/lesson-plans.html
- Boston Çocuk Müzesi STEM Çalışmaları Örnek Kitapçığı: https://bostonchildrensmuseum.org/sites/default/files/pdfs/STEMGuide.pdf
- STEM Activite Rehberi: https://www.invent.org/sites/default/files/2020-03/2020_STEMActivityGuide_Final.pdf

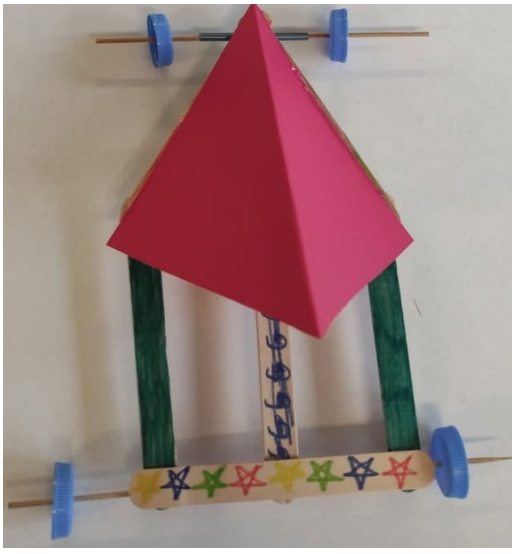
- İlköğretim STEM Tasarımı: https://www.uastem.com/wp-content/uploads/2012/10/2013-UA-STEM-PROBLEM-SOLVING-ACTIVITIES.pdf
- 15 Dakikada STEM Etkinlik Kitabı: https://www.crownhouse.co.uk/assets/look-inside/15-minute-stem-look-inside.pdf
- Kule etkinliğine ek olarak köprü tasarlama etkinliği de yaptırılabilir. Köprü tasarımında DaVinci'nin köprü tasarımı örnek tasarım olarak gösterilip denetilebilir. Sonra kendilerinden özgün köprü tasarımı yapmaları istenebilir. Bu köprü tasarımlarını ahşap bloklar ile yapabilecekleri gibi Tinkercad yada benzeri üç boyutlu tasarımlara dizayn edebilecekleri programlar aracılığıyla da yapabilirler. Örnek olarak yazarın öğrencileriyle yapmış olduğu çalışmaya dair görsel sunulmuştur.



STEM Kapsamında Köprü Tasarımı Örneği

- STEM etkinlikleri kapsamında yapılabilecek ek çalışmalardan bir diğeri Kara Yelkenlisi ya da Rüzgar Gücüyle Giden Araba etkinliği olabilir. Öğretmenlere ilham vermesi amacıyla örnek görsel aşağıda sunulmuştur.





STEM Kapsamında Kara Yelkenlisi Tasarımı-1.

STEM Kapsamında Kara Yelkenlisi Tasarımı-2



Kara Yelkenlisi Tasarımı-3.



Kara Yelkenlisi Tasarımı-4

Tartışma ve Öneriler

Son yıllarda STEM eğitiminin önemi artmış ve çeşitli eğitim sistemleri STEM konularına ve programlarına öncelik vermeye başlamıştır. Örneğin, İsveç'te Eğitim Bakanlığı 2024 yılında, ortaya çıkan bu işgücü açığını gidermek amacıyla daha fazla öğrencinin STEM programlarına kaydolmasını teşvik etmeyi amaçlayan bir stratejiyi özetleyen bir basın açıklaması yayınlamıştır (Utbildningsdepartementet, 2024). Ayrıca, son çalışmalar yapay zekanın, STEM eğitimi için gerekli olan bilgi işlemsel düşünme ve problem çözme gibi kritik becerileri desteklediğini gösteren kanıtlar sunmaktadır (Xu & Ouyang, 2022; Yang vd., 2024). STEM eğitimi, bilgi ve beceri geliştirme hedeflerinden eşitlik ve kapsayıcılıkla ilgili amaçlara kadar çeşitli amaçlar için eğitim programlarının yenilenmesi çalışmalarında öncelikli ve belirleyici bir unsur olmuştur (Avrupa Komisyonu, 2022). STEM eğitimi ile ilgili araştırma bulguları, öğretmenlerin STEM disiplinleri arasındaki bağlantıları ve gerçek yaşam durumlarında STEM öğretimine yönelik pedagojik yaklaşımları anlamakta yeterli düzeyde olmadıklarını göstermektedir (Kurup vd., 2019). Bunun yanında, alandaki kanıta dayalı uygulamalar ve raporlar, (örneğin Avrupa Komisyonu, 2022; Ulusal Araştırma Konseyi [NRC], 2014), öğrencilerin gerçek yaşam problemlerine karşı yaratıcı çözüm yolları üretme noktasında yetkin olmalarını sağlamak için onlara disiplinler içinde ve arasında kasıtlı ve açık bağlantılar kurmalarını destekleyecek içerikler sunmanın önemini vurgulamaktadır. Bu nedenle, söz konusu bu bölümde öğretmenlere bu konuda yardımcı olacak, rehber niteliğinde bir içerik sunmak amaçlanmıştır.

Kaynakça

Australian Curriculum, Assessment, and Reporting Authority (2016). *ACARA STEM Connections Project Report*. Retrieved from https://www.australiancurriculum.edu.au/media/3220/stem-connections-report.pdf

Bailey R.L., J.J. Gahche, P.E. Miller, P.R. Thomas and J.T. Dwyer. (2013). Why US Adults Use Dietary Supplements. *JAMA Internal Medicine. American Medical Association*. 173(5):355-361.

Barbot, B., & Kaufman, J. C. (2025). PISA 2022 Creative Thinking Assessment: Opportunities, Challenges, and Cautions. *The Journal of Creative Behavior*, *59*(1), e70003.

Cleveland-Innes, M., Emes, C., & Ellard, J. (2001). On being a social change agent in a reluctant collegial environment. *Planning for Higher Education*, 29(4), 25-33

Couch, J. D. (2023). *Rewiring education: How technology can unlock every student's potential*. BenBella Books.

Curriculum Development Council (CDC). (2011). General studies for primary schools curriculum guide. *Hong Kong: Education Bureau*. Retrieved from http://www.edb.gov.hk/attachment/en/curriculum-development/cross-kla-studies/gs-primary/gs_p_guide-eng_300dpi-final%20version.pdf.

European Commission. (2022). Relevant and high-quality higher education. Retrieved from https://education.ec.europa.eu/kk/education-levels/higher-education/relevant-and-high-quality-higher-education

Freeman, B., Marginson, S., & Tytler, R. (2014). The age of STEM: Educational policy and practice across the world in science, technology, engineering and mathematics. New York: Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315767512.

Gardner, H., & Davis, K. (2013). *The app generation: How today's youth navigate identity, intimacy, and imagination in a digital world*. Yale University Press.

Kanlı, E., & Emir, S. (2013). The Effect of Problem Based Learning on Gifted and Normal Students' Achievement and Creativity Levels. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science & Mathematics Education*, 7(2).

Kanlı, E.,(2019). *Yaratıcılık ve alan uygulaması*, Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.

Lucas, B., and E. Spencer. (2017). *Teaching creative thinking: developing learners who generate ıdeas and can think critically.* Crown House Publishing.

Marginson, S., Tytler, R., Freeman, B., & Roberts, K. (2013). *STEM: Country comparisons: Final report*. Melbourne, Australia: Australian Council of Learned Academies.

National Assessment of Educational Progress (NAEP). (2006). *The NAEP mathematics achievement levels by grade.* Center for Education Statistics: Institute of Education Sciences National. Retrieved from https://nces.ed.gov/nationsreportcard/mathematics/achieveall.asp#grade8.

National Research Council (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington: National Academies Press

National Research Council. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/18612

Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants part 2: Do they really think differently?. *On the horizon*, *9*(6), 1-6.

Regester, J. R. (1997). A long and bumpy road. *The Physics Teacher*, *35*(4), 232-233.

Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ellis, J. A., & Ring-Whalen, E. (2021). Beyond the basics: A detailed conceptual framework of integrated STEM. Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research, 3(1), 1–18. https://doi.org/10.1186/s43031-021-00041-y

Skrivelse (2024). Inspel till regeringens STEM-strategi https://www.skolverket.se/download/18.582d622c190768c7a0820/1720018140659/MSV%20skrivelse%20till%20STEM%20240626.pdf

So, W. W. M., Zhan, Y., Chow, S. C. F., & Leung, C. F. (2018). Analysis of STEM activities in primary students' science projects in an informal learning environment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *16*(6), 1003-1023.

STEM Digital Conference (2026). S*TEM Digital Conference: Tech and AI to tackle teacher workload*. National STEM Learning Centre. https://www.stem.org.uk/stem-digital-conference-tech-and-ai-to-tackle-teacher-workload.

Sunardi, S., & Doringin, F. (2020). The 4Cs learning model in teacher professional development program. *Humaniora*, *11*(2), 153-159.

Topal-Altındiş, Z. (2023) *Bilgisayar tabanlı dilsel/sözel yaratıcılık testinin geliştirilerek testin psikometrik özelliklerinin incelenmesi* [Doktora tezi]. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa.

Xu, W., & Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: a systematic review from 2011 to 2021. *International Journal of STEM Education*, *9*(1), 59.

Yang, Y., Sun, W., Sun, D., & Salas-Pilco, S. Z. (2024). Navigating the AI-Enhanced STEM education landscape: A decade of insights, trends, and opportunities. Res. Sci. Technol. Educ.

Yıldız, K. A. (2012). Dijital yerliler gerçekten yerli mi yoksa dijital melez mi. *International Journal of Social Science*, *5*(7), 819-833.

Ortaokul Öğretmenleri için STEM Eğitimi Uygulamaları

Demet DENİZ YILMAZ Burçin GÖKKURT ÖZDEMİR

Samet ERDEN

[1]*Muş Alparslan Üniversitesi*

[2,3]*Bartın Üniversitesi*

Öz

Bu bölümde, ortaokul kademesinde STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) yaklaşımının eğitim süreçlerindeki rolü, öğrenci becerileri üzerindeki etkileri ve öğretim uygulamalarına yansımaları kapsamlı bir çerçevede ele alınmaktadır. Ortaokul dönemi, öğrencilerin akademik kimliklerinin şekillendiği, ilgi alanlarının belirginleştiği ve STEM disiplinlerine yönelik tutumlarının kalıcı hâle gelmeye başladığı kritik bir gelişim evresi olarak değerlendirilmektedir. Bu bölümün amacı, STEM yaklaşımının ortaokul öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri, problem çözme, eleştirel ve yaratıcı düşünme, öğrenme motivasyonu ve mesleki farkındalıkları üzerindeki etkilerini alanyazın temelli olarak tartışmak ve öğretmenlere yönelik uygulanabilir öğrenme ortamları sunmaktır.Bölümde öncelikle STEM yaklaşımının kuramsal temelleri ve ortaokul düzeyindeki pedagojik gerekçeleri ele alınmıştır. Sonrasında proje tabanlı öğrenme, 5E öğrenme modeli ve sorgulamaya dayalı öğretim gibi öğrenci merkezli öğretim yaklaşımlarının STEM uygulamalarıyla nasıl bütünleştirilebileceği ayrıntılı biçimde

ISBN: 978-625-6276-47-5

açıklanmıştır. Ayrıca teknoloji entegrasyonu ve mühendislik tasarım süreçleri bağlamında, disiplinler arası öğrenmeyi destekleyen örnek öğretim tasarımlarına yer verilmiştir. Ortaokul fen bilimleri ve matematik derslerine yönelik örnek STEM etkinlikleri ve ders planları aracılığıyla, öğretmenlerin sınıf içi ve okul dışı öğrenme ortamlarında kullanabilecekleri somut uygulama örnekleri sunulmuştur. Alanyazına dayalı sonuçlar, STEM yaklaşımının öğrencilerin bilimsel süreç becerileri, akademik başarıları ve derse yönelik tutumları üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu göstermektedir. Bununla birlikte öğretmen yeterlikleri, okul altyapısı ve mesleki gelişim olanaklarının STEM uygulamalarının etkililiğinde belirleyici olduğu vurgulanmaktadır. Sonuç olarak bu bölüm, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli ile uyumlu biçimde ortaokul düzeyinde STEM eğitimine ilişkin kuramsal ve uygulamalı bir rehber sunarak alanyazına katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Ortaokul Kademesinde STEM Yaklaşımının Eğitim Süreçlerindeki Rolü ve Öğrenci Becerilerine Etkisi

Ortaokul dönemi, öğrencilerin akademik kimliklerinin şekillendiği, ilgi alanlarının belirginleştiği ve öğretim süreçlerine yönelik tutumlarının kalıcı hâle gelmeye başladığı kritik bir gelişim dönemidir. Bu bağlamda, öğrencilerin STEM disiplinlerine yönelik tutumları da tam bu yıllarda şekillenmekte; ilgi, motivasyon, öz-yeterlik ve değerler gibi birçok duyuşsal bileşenler aracılığıyla öğrenme süreçleri üzerinde belirleyici bir rol üstlenmektedir. Literatür incelendiğinde, pek çok araştırma STEM yaklaşımına ilişkin olumlu tutumların öğrencilerin öğrenme motivasyonunu artırdığını, kavramsal anlamayı güçlendirdiğini ve gelecekte STEM temelli mesleklere yönelimlerini arttırdığını göstermektedir (Osborne vd., 2003). Bu tutumlar yalnızca bireysel ilgiyi değil, aynı zamanda STEM alanlarının toplumsal işlevine ve öğrencilerin başarı beklentilerine ilişkin inançlarını da kapsamaktadır (Eccles ve Wigfield, 2020; Wang ve Degol, 2017). STEM yaklaşımına dayalı eğitimin, ortaokul düzeyinde önem kazanmasının bir diğer nedeni, bu yaklaşımın öğrencilerin problem çözme, araştırma yapma, yaratıcı düşünme, eleştirel düşünme, modelleme, deneme-yanılma yoluyla öğrenme gibi 21. yüzyıl becerilerini desteklemesidir. STEM yaklaşımında, süreç içerisinde araştırma temelli etkinliklere yer veren öğrenme tasarımları, bireylerin karmaşık problemlere alternatif çözüm yolları geliştirmelerini kolaylaştırmakta; bu durum bilimsel düşünmenin gelişmesine önemli katkılar sağlamaktadır (Chen, 2022). Gerçek yaşam durumlarıyla bütünleşmiş proje tabanlı etkinlikler, öğrencilerin erken yaşta mesleki farkındalık kazanmalarına yardımcı olmakta ve kariyer gelişimleri

açısından kritik bir rol üstlenmektedir (Thomas ve Larwin, 2023).

STEM eğitiminin öğrencilerin bilişsel becerilerine etkisini inceleyen çalışmalar, yaklaşımın özellikle bilimsel süreç becerilerinin gelişiminde belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Okul dışı öğrenme ortamlarında yürütülen STEM uygulamalarını inceleyen Tarcan-Karabulut (2025), öğrencilerin gözlem yapma, hipotez kurma, sınıflama, sonuç çıkarma, modelleme ve uzamsal ilişkileri yorumlama gibi pek çok bilimsel süreç becerisinde anlamlı gelişmeler olduğunu ortaya koymuştur. Bu sonuca göre STEM etkinlikleri, öğrencilerin sorgulama, keşfetme ve model oluşturma gibi araştırma temelli becerilerini doğrudan desteklemektedir. Ayrıca yürütülen çalışmada, öğrencilerin süreç boyunca daha fazla sorgulama yaptığı ve daha yapılandırılmış stratejiler geliştirdiği görülmüştür. Alanyazında da benzer sonuçlar dikkat çekmektedir. Örneğin, Gökbayrak ve Karışan (2017), öğrencilerin gözlem yapma, ölçme, veri toplama, veri analizi, hipotez kurma ve deney yapma gibi pek çok bilimsel süreç becerisinde anlamlı gelişme sergilediğini ifade etmiştir. Keteci (2021) ise beşinci sınıf öğrencilerine yönelik STEM temelli derslerin bilimsel süreç becerilerini artırdığını göstermiştir. Köngül ve Yıldırım (2021), Özkul ve Özden (2020) ve Ünal ve Aksüt (2021) tarafından yürütülen çalışmalar da STEM'in bilimsel süreç becerileri üzerinde olumlu etkisinin olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Türk'ün (2023) çalışmasında ise STEM uygulamalarının özellikle mühendislik ve teknoloji boyutlarında öğrencilerin beceri gelişimine anlamlı katkılar sağladığını ortaya koymuştur.

STEM yaklaşımına dayalı uygulamalar, yalnızca bilimsel süreç becerilerini değil; öğrencilerin derse yönelik tutumlarını, motivasyonlarını ve akademik başarılarını da geliştirdiğine ilişkin güçlü kanıtlar sunmaktadır (Çilengir-Gültekin, 2019; Irak, 2019; Yıldırım ve Selvi, 2017). Yamak, Bulut ve Dündar (2014), STEM etkinliklerinin hem bilimsel süreç becerilerini hem de fen dersine yönelik tutumlarını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Park ve Yoo (2013), STEAM tabanlı etkinliklerin öğrencilerin derse olan ilgisini ve öğrenme güdüsünü artırdığını belirtmiştir. Bahçepınar'ın (2023) çalışması ise, öğrencilerin STEM etkinliklerine yönelik öz yeterliklerinin yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bu araştırma sonuçlarına dayalı olarak, ortaokul kademesinde STEM eğitiminin yalnızca bilişsel değil; duyuşsal, sosyal ve kariyer gelişimi boyutlarında da güçlü bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Dünya Ekonomik Forumu'nun (2016) raporunda vurgulandığı gibi hızla dijitalleşen iş gücü piyasaları, öğrencilerin üst düzey becerilerle donatılmasını zorunlu hâle getirmekte; STEM eğitimi ise Bloom taksonomisinin üst basamaklarına yönelik bilişsel süreçleri destekleyen yapısıyla bu ihtiyaca yanıt vermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, STEM eğitiminin ortaokul öğrencilerinin bilimsel süreç becerileri, öğrenme motivasyonu, tutumları ve mesleki farkındalıkları üzerinde güçlü ve olumlu etkileri olduğu anlaşılmaktadır.

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (2024), ortaokul düzeyinde öğrencilerin bilimsel, matematiksel, teknolojik ve tasarıma dayalı düşünme becerilerini bütüncül şekilde geliştirmeyi hedefleyen bir öğrenme anlayışı sunmaktadır. Maarif Modelin temel ilkelerinde yer alan araştırma-sorgulama, problem çözme,

üretkenlik, teknoloji okuryazarlığı, mühendislik tasarım süreçleri ve disiplinler arası entegre, STEM yaklaşımının yapısıyla doğrudan örtüşmektedir. Bu uyumun en güçlü biçimde fark edildiği alan Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı'dır (Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2024a). Program, öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini kullanarak gözlem yapmalarını, veri toplamalarını, hipotez kurmalarını, deney tasarlamalarını, tasarım odaklı uygulamalar gerçekleştirmelerini ve bilim-mühendislik-teknoloji ilişkilerini anlamlandırmalarını temel öğrenme çıktıları arasında tanımlamaktadır. Öğretim programının "bilim, teknoloji, mühendislik ve tasarım temelli öğrenme çıktılarının bütünleştirilmesi" yönündeki vurgusu (MEB, 2024a), STEM yaklaşımının doğrudan fen öğretiminde yer aldığını göstermektedir.

STEM yaklaşımı, ortaokul kademesinde sadece fen öğretiminde değil, aynı zamanda Matematik Dersi Öğretim Programı (MEB, 2024b) ile de ilişkisinin olduğu görülmektedir. Örneğin, öğretim programında öğrencilerin matematiksel modelleme yapmaları, ilişkileri keşfetmeleri, problem çözme süreçlerinde dijital araçları ve matematiksel temsilleri kullanmaları, gerçek yaşam bağlamlarıyla ilişkilendirme kurmaları temel hedefler arasındadır. "İçerik, disiplinler arası ilişkiler kurularak gerçek yaşam gereksinimleri çerçevesinde yapılandırılmıştır" ifadesi (MEB, 2024b), matematiğin fen, teknoloji ve mühendislikle paralel bir yapıda öğretildiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca, Görsel Sanatlar Dersi Öğretim Programı (MEB, 2024c) öğrencilerin tasarım ilkelerini, görsel temsil becerilerini ve yaratıcı üretim süreçlerini geliştirmesi bakımından da STEM'in mühendislik ve tasarım boyutunu desteklemektedir. Beden

Eğitimi ve Spor Dersi Öğretim Programı (MEB, 2024d) ise problem çözme, strateji geliştirme, karar verme ve hareket analizi gibi bilişsel süreçleri güçlendirerek öğrencilerin STEM bağlamında kritik olan üst düzey düşünme becerilerini desteklemektedir. Ayrıca Yabancı Dil Öğretim Programı (MEB, 2024e) çoklu temsil, iletişim, dijital araç kullanımı ve disiplinler arası anlam kurma süreçlerini geliştirerek STEM öğrenmelerine dolaylı olsa da katkı sunmaktadır.

Bu açıklamalara dayalı olarak, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin ortaokul düzeyinde sunduğu öğrenme yaklaşımının, STEM'in disiplinler arası, tasarım ve problem çözme odaklı yapısıyla örtüştüğü söylenebilir. Dolayısıyla STEM yaklaşımı, ortaokul öğrencilerinin bilimsel okuryazarlığını, üretken düşünme becerilerini ve disiplinler arası ilişkilendirme yetkinliğini güçlendiren temel bir pedagojik araç olarak Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'nin benimsediği öğrenme anlayışıyla ilişkilendirilebileceği ifade edilebilir.

Son yıllarda öğrencilerin mevcut bilgilerini yeniden yapılandırarak öğrenmelerini destekleyen yaklaşımlara yönelik yönelimler bulunmaktadır. Ortaokul kademesinde STEM yaklaşımına dayalı öğretim tasarımları öğrencilerin yeni fikirler üreterek gerçek dünya problemleriyle başa çıkmak için birçok alanda kullanabilecekleri beceriler geliştirmelerini hedeflemektedir. Dolayısıyla öğrencilerin disiplinler arası düşünme becerilerini geliştiren öğrenme ortamlarının oluşturulmasına ihtiyaç duyulmaktadır. STEM eğitiminin etkili biçimde uygulanabilmesi için öğretim sürecinde STEM eğitimi birlikte uygulanabilecek farklı modellerin ve stratejilerin benimsenmesi gerekmektedir. Bu bağlamda proje tabanlı öğrenme, 5E öğrenme modeli ve sorgulamaya dayalı öğretim

stratejileri STEM uygulamalarıyla etkili biçimde bütünleştirilebilir. Bu model ve stratejilere aşağıda detaylı olarak yer verilmiştir.

Ortaokul Kademesinde STEM Yaklaşımına Dayalı Öğretim Tasarımları ve Öğrenme Ortamları

STEM Eğitimi Uygulamalarında Proje Tabanlı Öğrenmenin Bütünleştirilmesi

Proje Tabanlı Öğrenme (PTÖ), öğrencilerin kavramsal anlayışlarını iş birliği yoluyla geliştirmelerine, ön bilgilerini uygulamalarına ve becerilerini ürün ortaya koyarak göstermelerine imkân tanıyan, gerçek yaşam problemlerine dayalı bir öğrenme modelidir (Remijan, 2016; Ummah, Inam ve Azmi, 2019). Disiplinler arası proje tasarımını destekleyen bu yaklaşım, öğrenme sürecinin planlanması, grup çalışması ve özgün ürün ortaya koyma becerilerinin gelişimine katkı sağlar (Zhang ve Ma, 2023). STEM'de proje tabanlı öğrenme sürecinin bazı belirgin özellikleri bulunmaktadır. Bu yaklaşım, öğrenci merkezli ve proje odaklıdır. Projeler gerçek yaşamla ilişkili, kontrol edilebilir ve somut bir ürün veya performansla sonuçlanacak şekilde tasarlanır. Dijital teknolojiler süreci destekler ve değerlendirme çoklu biçimde yürütülür (Marshall, Horton ve Austin-Wade, 2007). Ayrıca PTÖ, araştırma-sorgulama süreçlerini ve mühendislik tasarım döngüsüne benzer aşamaları içerir (Breiner vd., 2012; Krajcik vd., 1998). Bununla ilgili olarak Tseng vd. (2013), proje tabanlı STEM uygulamalarının öğrencilerin mühendislik alanına ilişkin tutumlarını geliştirdiğini ve STEM mesleklerine ilişkin farkındalık kazandırdığını göstermiştir. Proje tabanlı öğrenmenin bu özellikleri onu STEM eğitimi için özellikle

elverişli kılmaktadır. Alanyazında, STEM yaklaşımı ile proje tabanlı öğrenmeyi bütünleştiren çalışmaların da son yıllarda arttığı ve bu çalışmaların öğrencilerin iş birliğine dayalı öğrenme süreçlerini geliştirerek problem çözme becerilerini, öğrencilerin akademik, sosyal ve bilişsel gelişimlerini olumlu yönde etkilediği görülmektedir (Bekereci, 2022; Craft ve Capraro, 2017; Çevik ve Azkın, 2020; Darmawan, 2020; Domínguez ve Jaime, 2010; Han, Capraro ve Capraro, 2015; İnce, 2024; Lestari, Sarwi ve Sumarti, 2018; Kwon vd., 2024; Sümen ve Çalışıcı, 2019). STEM'de proje tabanlı öğrenme yaklaşımının kullanılması, öğrencilerin günlük yaşamda karşılaşılan karmaşık problemleri çözmelerine olanak sağlamakta ve STEM alanlarına ilişkin temel kavramları daha anlamlı şekilde öğrenmelerine katkı sunmaktadır (Hickey, 2014).

STEM Yaklaşımında 5E Öğrenme Modelinin Kullanılması

Bybee (1997) tarafından yapılandırmacı öğrenme yaklaşımı temel alınarak geliştirilen 5E öğrenme modeli, öğrencinin bilgiyi pasif biçimde edinmesinden ziyade öğrenme sürecine etkin katılımını esas alan; Dikkat Çekme, Keşfetme, Açıklama, Derinleştirme ve Değerlendirme aşamalarından oluşan bir öğrenme döngüsüdür (Ayvacı ve Bakırcı, 2012; Bıyıklı, 2013; Bybee vd., 2006; Er-Nas vd., 2009; Uğur, 2023; Wilder ve Shuttleworth, 2005). Model, adını her bir aşamanın İngilizce karşılıklarının baş harflerinden almaktadır: Bunlar; Engage (dikkat çekme ve ön öğrenmeleri ortaya çıkarma), Explore (araştırma-keşfetme), Explain (açıklama), Elaborate (derinleştirme) ve Evaluate (değerlendirme) şeklindedir. (Bıyıklı, 2013). Bu aşamaların her biri öğrenme sürecine özgün bir işlev kazandırmakta ve öğretmenin ders akışını düzenli, tutarlı ve yapılandırılmış biçimde yürütme-

sine katkı sağlamaktadır. Ayrıca 5E modeli, öğrencilerin bilimsel ve teknolojik bilgilerini desteklemekte ve kalıcı öğrenmeyi güçlendirmektedir (Bybee, 2009).

Modelin *Dikkat Çekme* aşamasında öğretmen, öğrencilerin ilgisini uyandırmak ve merak oluşturmak amacıyla soru, problem durumu ya da kısa bir etkinlik kullanır; ön bilgiler harekete geçirilir ve öğrencilerin derse zihinsel olarak hazırlanması sağlanır (Şeker, 2023). Bu aşamada hedef, doğru yanıta ulaşmak değil, öğrencilerin düşüncelerini özgürce ifade etmelerine imkân tanımaktır (Asal, 2020; Bybee, 2009; Rosdianto ve Teeka, 2019). *Keşfetme* aşamasında öğrenciler, giriş aşamasında ortaya çıkan merakları doğrultusunda kavramlar arasındaki ilişkileri aktif biçimde incelemeye başlar. Bu süreçte gözlem yapar, değişkenleri belirler, araştırma soruları üretir ve uygulama-analiz-sentez gibi üst düzey bilişsel becerilerini kullanırlar (Şeker, 2023). *Açıklama* aşamasında öğrenciler, keşfetme sürecinde edindikleri deneyim ve bulguları paylaşır. Öğretmen, bu açıklamaları bilimsel kavram, ilke ve tanımlarla destekleyerek gerekli düzeltmeleri yapar ve kavramların doğru biçimde yapılandırıl-masını sağlar (Akkaya, 2019; Özkan, 2019). Bu aşama, yanlış öğrenmeleri gidererek kavramsal netlik kazandırır (Şeker, 2023).

Derinleştirme aşamasında öğrencilerin edindikleri bilgi ve becerileri yeni durumlara aktarmaları, farklı örnekleri incelemeleri ve kavramları daha kapsamlı bir düzeyde değerlendirmeleri amaçlanır (Aygün, 2019; Salar, 2018; Senemoğlu, 2010). Öğrenciler bu süreçte bilgilerini günlük yaşamla ilişkilendirerek genişletir ve yeni problemlerde uygulama fırsatı bulurlar (Şeker, 2023). Bu aşamada STEM disiplinlerinin bütünleştirilmesi, öğrenmenin disiplinler arası bir yapıda pekiştirilmesini

desteklemektedir (Yıldırım, 2018). *Değerlendirme* aşamasında ise öğrencilerin ne öğrendikleri, bu öğrenmenin niteliği ve düzeyi belirlenir. Öğrenciler, performanslarına yönelik geri bildirim alır ve kendi öğrenme süreçlerini gözden geçirme fırsatı elde ederler (Ceylan, 2022).

Öğrencinin öğrenme sürecine etkin katılımını esas alan ve bilgiyi günlük yaşam bağlamına taşıyarak derinlemesine anlamayı destekleyen 5E modeli ile disiplinler arası etkileşimi ve gerçek yaşam problemlerine dayalı öğrenmeyi teşvik eden STEM eğitimi, pedagojik açıdan birbirini tamamlayan benzer özellikler taşımaktadır (Yıldırım, 2018). Ayrıca 5E öğrenme mode-linin yapısı, STEM bağlamında yaparak-yaşayarak öğrenmeyi doğal bir şekilde desteklemektedir. Alanyazındaki araştırmalar, 5E modeli ile bütünleştirilmiş STEM uygulamalarının öğrenci-lerin akademik başarılarını, kalıcı öğrenmelerini, eleştirel düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirdiğini; derslere ilişkin olumlu tutum, iş birliği ve öğrenmeye katılım düzeylerini artırdığını göstermektedir (Açışlı-Çelik, 2022; Çetin, 2019; Güneş-Varol, 2020; Yıldız ve Özdemir, 2022).

STEM Yaklaşımında Sorgulamaya Dayalı Öğretim

STEM eğitim modeli, disiplinler arası yapısı nedeniyle farklı öğrenme yöntemlerini bir araya getiren bütünleştirici bir yaklaşım olup, bu yöntemlerden biri de sorgulamaya dayalı öğretimdir (Yuliati vd., 2018). Sorgulamaya dayalı öğretim, öğrencilerin merak duygusuyla bilgiyi araştırıp analiz ederek zihinsel yapılandırmalarını oluşturmalarını sağlayan ve bu süreçte bilimsel yöntem kullanarak soru sorma, veri toplama, iş birliği yapma, analiz etme ve eleştirel düşünme gibi becerilerini geliştirmelerine katkıda bulunan bir öğrenme yaklaşımıdır

(Karamustafaoğlu ve Havuz, 2016; Yuliati vd., 2018). Bireyin aklında oluşturduğu sorulardan yola çıkarak bir öğrenme ve bilme şekline dönüşen STEM yaklaşımı ile sorgulamaya dayalı öğretim, birtakım aşamaların tamamlanmasıyla bir döngü ile gerçekleşir (Yıldırım, 2018). Ancak öğrenci merkezli ve iyi yapılandırılmamış (tek bir doğru cevabı olmayan) problemlere odaklanmayı temel alan bir sorgulamaya dayalı öğretim modelinin aşamalarını açıklayan birden fazla döngü vardır. Örneğin; Heick (2013) sorgulama sürecini etkileşim, açıklama, tasarım ve sorgulama olmak üzere dört aşamada ele almıştır ve bu aşamaları şu şekilde açıklamıştır: Bunlar; i) Etkileşim aşamasında, öğrenci konuyla ilgili temel kaynakları araştırarak merak ve farkındalık geliştirir; ii) Açıklama aşamasında elde ettiği bilgileri öğretmen rehberliğinde sınıflandırır, ilişkilendirir ve kavramsal olarak anlamlandırır; iii) Tasarım aşamasında, öğrenci bilgilerini yeni bir ürün, model veya çözüm oluşturarak uygular ve böylece bilgi transferi gerçekleşir; iv) Son olarak süreç, öğrencinin ortaya koyduğu çözüm üzerine yeni sorular üretmesi ve düşünme sürecini derinleştirmesiyle devam eden sorgulama aşamasıyla tamamlanır (Heick, 2013).

Bu sorgulama aşamalarına ek olarak, beş aşamalı sorgulamaya dayalı araştırma döngüsü Pedaste vd. (2015) tarafından geliştirilmiştir. Bunlar; i) Yönlendirme aşamasında öğrencilerin merakı uyandırılır ve problem bağlamı kurulur; ii) Kavramsallaştırma aşamasında öğrenciler araştırma soruları oluşturur ve/veya hipotezler geliştirir; iii) Araştırma aşamasında keşif, deney veya gözlem yoluyla veri toplanır ve yorumlanır; iv) Sonuç aşamasında elde edilen bulgular çıkarımlara dönüştürülür; son olarak Tartışma aşamasında

öğrenciler bulgularını paylaşır, gerekçelendirir ve süreç üzerine yansıtma yaparlar (Pedaste vd., 2015). Sorgulamaya dayalı öğretim, öğrenmeyi öğrencinin aktif katılımı, merakı ve keşif süreci üzerine temellendirir. Benzer şekilde STEM eğitimi, yaratıcılık, eleştirel düşünme, sorgulama, iletişim ve iş birliği gibi 21. yüzyıl becerilerini kullanarak yenilikçi problem çözmeyi hedefler (Bellanca ve Brandt, 2010). Bu doğrultuda sorgulama becerisi, STEM yaklaşımının temel ilkelerinden biri olup, sorgulama temelli STEM etkinlikleri öğrencilerin problem çözme, analiz, bilimsel sorgulama ve akıl yürütme becerilerini geliştirmektedir (Bybee, 2010; Corlu, Capraro ve Capraro, 2014; Öner ve Yılmaz, 2019). Sorgulamaya dayalı öğrenme, öğrencilerin temel bilimsel kavramları anlamalarını, sorulara yanıt bulmalarını, bilim insanlarının yöntemlerini keşfetmelerini ve öğrenme sorumluluğu geliştirmelerini destekleyerek STEM eğitimine katkı sağlamaktadır (Şahin, 2024).

Yapılan çalışmalarda sorgulamaya dayalı STEM uygulamalarının, öğrencilerin akademik başarılarını, problem çözme ve bilimsel düşünme becerilerini geliştirdiği ortaya konulmuştur (Durucu, 2022; İlter, 2022; Lai, 2018; van Wyk, Ramnarain ve Segun, 2025). Bu yaklaşımda öğrenciler bilgiyi pasif biçimde almak yerine keşif, araştırma ve deney yoluyla yapılandırarak fen ve matematik kavramlarını daha derin anlarlar (Minner, Levy ve Century, 2010). Öğretmenler açısından ise sorgulamaya dayalı STEM, öğretimi bilgi aktarımından çıkararak rehberlik temelli bir öğrenme sürecine dönüştürmekte ve disiplinler arası düşünmeyi teşvik etmektedir (Corlu, Capraro ve Capraro, 2014; Öner ve Yılmaz, 2019).

Ortaokul Öğretmenlerinin STEM Yaklaşımına İlişkin Yeterlikleri ve Görüşleri

Ortaokul düzeyinde STEM yaklaşımının sınıf ortamına etkili biçimde yerleşebilmesi, öğretmenlerin bu yaklaşımı nasıl kavradıkları ve kendilerini ne ölçüde yetkin gördükleriyle yakından ilişkilidir. STEM'in eğitim ortamlarında anlamlı biçimde uygulanabilmesi, öğretmenlerin disiplinler arası düşünme becerilerini içselleştirerek bunu öğretim uygulamalarına yansıtmalarına bağlıdır. Bu nedenle öğretmenlerin STEM'e yönelik ilgi ve deneyimlerinin, sürecin ortaokullardaki başarısında belirleyici olduğu; öğretmen yeterliklerinin ve görüşlerinin incelenmesinin ise yaklaşımın uygulanabilirliği açısından kritik önem taşıdığı görülmektedir. Ortaokul öğretmenlerinin STEM yaklaşımını etkili biçimde uygulayabilmeleri, fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerine ilişkin bilgi sahibi olmalarının yanı sıra bu disiplinleri bütünleştirebilme ve problem çözme ile yaratıcılığı destekleyen öğrenme ortamları tasarlayabilme yeterliklerine bağlıdır (Bybee, 2010; Kelley ve Knowles, 2016). Öğretmenlerin disiplinlerarası bağlamları birleştirerek öğrencileri gerçek yaşam problemleriyle etkileşime geçirebilmeleri, STEM eğitiminin merkezindeki tasarım-temelli ve problem-temelli öğrenme döngülerinin işlerliğini desteklemektedir (Smith vd., 2022). Bu doğrultuda Ogan-Bekiroğlu ve Caner (2018), öğrenciyi merkeze alan öğrenme ortamlarının oluşturulması ve mühendislik tasarım süreçlerinin öğretime dâhil edilmesinde öğretmen rollerinin belirleyici olduğunu vurgulamaktadır.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, öğretmenlerin STEM yeterliklerinin bilgi, beceri, tutum ve uygulama olmak üzere dört boyutlu bir yapıda ele alındığını göstermektedir (Nadelson vd., 2013).

Bilgi boyutu STEM disiplinlerinin doğası ve ilişkilerine yönelik farkındalığı; beceri boyutu bu bilginin öğretim tasarımında kullanılmasını; tutum boyutu STEM'e yönelik algıları ve öz-yeterlikleri; uygulama boyutu ise disiplinler arası etkinliklerin planlanıp yürütülmesini kapsamaktadır (Corlu, Capraro ve Capraro, 2014). Agudelo-Rodríguez vd. (2024) öğretmenlerin sorgulamaya dayalı, tasarım-temelli ve proje-tabanlı yaklaşımları benimsemelerinin entegrasyonu güçlendirdiğini; Portillo-Blanco vd. (2024) ise bütünleştirme, sorgulama, tasarım ve takım çalışması gibi bileşenlerin temel yeterlik göstergeleri olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca öğretmenlerin yaratıcılığı ve yenilikçi düşünmeyi desteklemesi, çağdaş STEM uygulamalarının etkili biçimde yürütülmesi için kritik görülmektedir (Bicer vd., 2025). Bu yeterliklerin, okul genelinde iş birliğini, problem çözme kültürünü ve yenilikçi düşünmeyi de desteklediği belirtilmektedir (Caner ve Ogan-Bekiroğlu, 2025).

STEM eğitimi uygulamalarının başarısı, öğretmenlerin bireysel donanımlarının yanında okul yapısı, mesleki gelişim düzeyleri ve derslerin disiplinler arası öğrenmeye tanıdığı fırsatlarla ilişkilidir. Bu nedenle öğretmen eğitim programlarının mühendislik temelli düşünme, problem çözme, tasarım ve iş birliğini merkeze alacak biçimde yapılandırılması önem taşımaktadır (Bybee, 2013; Moore vd., 2014). Alanyazın, öğretmenlerin STEM'i disiplinlerarası bir çerçeve olarak gördüklerini; ancak sınıf içi uygulamalara aktarmada güçlük yaşadıklarını göstermektedir. Başlıca zorluklar arasında

disiplinler arası bağlantı kurma, ders süresi ve program yoğunluğu, sınav baskısı, kaynak ve altyapı eksikliği ile özellikle mühendislik ve teknoloji boyutlarının entegrasyonuna ilişkin belirsizlikler yer almaktadır. Margot ve Kettler (2019) çalışmalarında öğretmenlerin STEM'e değer verdiklerini ancak pedagojik ve yapısal sorunlar, müfredat sınırlılıkları, değerlendirme baskısı ve öğretmen desteği eksikliği gibi engellerle karşılaştıklarını belirtmiştir. Bu duruma dayalı olarak, öğretmenlerin akran iş birliği, nitelikli öğretim programı ve etkili mesleki gelişimi çözüm olarak önerdikleri görülmektedir. Bu sonuçlar, öğretmenlerin STEM'e ilişkin olumlu görüşleri ile uygulamaları arasındaki farkın kapatılabilmesi için mesleki gelişim desteğine duyulan gereksinimi ortaya koymaktadır.

STEM'in tanımına ilişkin kavramsal netlik, öğretmen yeterliklerinin belirlenmesi açısından temel bir önkoşuldur. STEM entegrasyonu, disiplinler arasında anlamlı bağlantılar kurmayı, tasarım ve problem çözmeyi merkeze almayı ve mühendislik tasarım döngüsünü ders sürecine dâhil etmeyi gerektiren bir yaklaşımdır. Bu bağlamda öğretmenin rolü bilgiyi aktarmaktan çok, disiplinler arası düşünmeyi teşvik eden ve öğrencilerin sorgulama, tasarım ve yansıtma süreçlerini yönlendiren bir rehber olmaktır (Bybee, 2013; Kelley ve Knowles, 2016). Yürütülen araştırmalar, öğretmenlerin mühendislik tasarım sürecini derslerine entegre etmekte zorlandıklarını; çoğu zaman bu süreci fen veya matematik konularına ek bir etkinlik olarak gördüklerini ortaya koymaktadır (Kelley ve Knowles, 2016; Margot ve Kettler, 2019). Özellikle mühendislik ve teknoloji bileşenlerinin soyut kavramlarla ilişkilendirilmesi ve mevcut müfredatla uyumlu hâle getirilmesi önemli bir güçlük alanı olarak belirtilmektedir.

Öğretmenlerin STEM kavramını çoğunlukla fen ve teknoloji ile sınırlı gördükleri ve mühendislik uygulamaları konusunda mesleki eğitime ihtiyaç duydukları ifade edilmektedir (Özbilen, 2018). Bu durum, öğretmenlerin hem kavramsal belirsizlik yaşadıklarını hem de uygulamaya dönük daha fazla rehberliğe ihtiyaç duyduklarını göstermektedir.

Türkiye'de yapılan çalıştaylar da öğretmenlerin STEM'e yüksek ilgi duyduklarını; ancak okul altyapısı, araç-gereç ve kurum içi iş birliği olanaklarının sınırlı olmasının uygulamayı zorlaştırdığını göstermektedir (Akgündüz vd., 2015). Buna karşın öğretmenler STEM'in öğrenci motivasyonu, problem çözme ve disiplinler arası düşünme üzerindeki olumlu etkilerini de vurgulamaktadır (Bybee, 2010; Corlu, Capraro ve Capraro, 2014). Disiplinler arası görevlerin öğrencilerin ilgisini artırdığı, soyut kavramları somutlaştırdığı ve dersleri toplumsal bağlamda daha anlamlı kıldığı ifade edilmektedir (Yıldırım ve Selvi, 2017). Bu farklılıkların öğretmenlerin mesleki deneyimleri, akademik desteği ve öz-yeterlik algılarıyla ilişkili olduğu görülmektedir. Kelley ve Knowles (2016), öğrencilerin fen ve matematikteki ortak kavramlar arasındaki ilişkileri fark edemediklerinde öğrenmenin yüzeysel kaldığını ve bu durumun ilgiyi azalttığını belirtmektedir. Bu nedenle öğretmenlerin STEM'e yönelik bilgi, beceri ve tutumlarının güçlendirilmesi önemlidir.

Sonuç olarak, STEM yaklaşımının etkili biçimde yürütülebilmesi, öğretmenlerin tüm disiplinlere ilişkin yeterli bilgi ve beceriye sahip olmalarını gerektirmektedir (Eckman, Williams ve Silver-Thorn, 2016). Öğretmenlerin kapsamlı bir pedagojik formasyona ihtiyaç duyduğu (President's Council of

Advisors on Science and Technology [PCAST], 2010) ve mesleki yeterliklerin sınırlı olması durumunda öğrenci performansının olumsuz etkilendiği belirtilmektedir (Ejiwale, 2013). Alan bilgisindeki yetersizliklerin sınıf içi uygulamaları güçleştirdiği (Pang ve Good, 2000) ifade edilmektedir. Bu nedenle öğretmenlere ve öğretmen adaylarına yönelik sistematik eğitimlerin düzenlenmesi, STEM'in yapısını, işleyişini ve uygulama süreçlerini içeren kapsamlı içeriklerle desteklenmesi gerekmektedir (Buyruk ve Korkmaz, 2016).

Ortaokul Kademesinde STEM Uygulamalarında Teknoloji Entegrasyonu

STEM becerilerini kazandırmaya yönelik çalışmalar, öğrencilerin lisede ileri düzey öğrenime hazırlanması için genellikle ortaokulda uygulanmaktadır (Herro, Quigley ve Jacques, 2018). Teknoloji ise STEM eğitiminin merkezinde yer alan ve disiplinler arası bağlantıların kurulmasını kolaylaştıran temel bileşenlerden biridir. Matematik ve fen bilimleri, teknoloji için temel oluştururken teknoloji de mühendislik tasarımını destekler ve bu nedenle teknoloji, STEM disiplinlerinin bütünleşmesinde önemli bir role sahiptir

(Cheng ve Kinoshita, 2024). Dolayısıyla STEM uygulamalarında teknolojinin, öğrencilerin çözümler üretmesine önemli katkı sağladığı düşünüldüğünde ortaokul kademesinde STEM uygulamalarında teknoloji entegrasyonu önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

STEM eğitiminde teknoloji entegrasyonunun simülasyon, robotik kodlama, 3D tasarım animasyon, sosyal medya, video araç ve uygulamaları, hologram, artırılmış gerçeklik, sanal laboratuvarlar, yapay zekâ programları gibi yenilikçi dijital

araçlarla verilmesinin, öğrenme fırsatları sunduğu görülmekte ve bu durum teknoloji destekli uygulamaların önemini artırmaktadır. Bu araçlar, ortaokul öğrencilerinin soyut kavramları somutlaştırmasına, disiplinler arası bağlantıları kurmalarına ve 21. yüzyıl becerilerini geliştirmelerine de önemli katkılar sağlamaktadır. Bununla ilgili olarak yapılan çalışmalarda teknolojinin STEM'e entegrasyonunun, öğrenciler için motive edici ve ilgi çekici olduğu, disiplinlerarası öğrenmeyi kolaylaştırdığı ve robotik, dijital simülasyonlar ile görsel araçlar sayesinde karmaşık STEM kavramlarının daha kolay anlaşıldığı ortaya konmuştur (Chacko vd., 2015; Istrate, Mironov ve Popovici, 2019).

STEM eğitiminin sunduğu çok sayıda avantaja rağmen, teknoloji entegrasyonunun planlanması ve uygulanması sürecinde bazı yapısal ve pedagojik sınırlılıklar söz konusudur. Örneğin; STEM eğitiminde teknolojinin ve teknolojik okuryazarlığın rollerinin yeterince tanımlanmaması nedeniyle teknoloji çoğu zaman yüzeysel ele alınmaktadır (Sun vd., 2025). Ayrıca özellikle bu alanlarda deneyimi olmayan öğretmenler sürece yönelik kaygı yaşamakta ve teknolojiyi çoğunlukla yalnızca bilgisayar kullanımıyla sınırlı bir şekilde ele almaktadır (White, 2014). Ntemngwa ve Oliver'ın (2018) çalışması da bu durumu destekleyerek, ortaokullarda teknoloji kullanımının problem çözmeyi geliştirme potansiyeline rağmen öğretmenlerin teknoloji bilgisi eksikliği nedeniyle uygulamada zorlandıklarını ve süreci yürütmek için bilişim teknoloji öğretmenlerinin desteğine ihtiyaç duyduklarını ortaya koymuştur. Ancak STEM'de teknoloji entegrasyonuna yönelik rehberliğin sınırlı olması da öğretmenlerin sınıflarına nitelikli teknoloji deneyimleri içeren STEM etkinlikleri eklemesini

zorlaştırmaktadır (Ellis vd., 2020). Bunların yanında ne yazık ki halen birçok okulda teknolojik alt yapı eksiklikleri de STEM etkinliklerinin uygulanmasını önemli ölçüde zorlaştırmaktadır (Değirmenci, 2020).

Ortaokul düzeyinde STEM-teknoloji entegrasyonunun etkili olabilmesi için hem okullara hem öğretmenlere hem de öğrencilere yönelik düzenlemeler yapılmalıdır. Öğrencilerin simülasyonlar, robotik kodlama, 3D tasarım uygulamaları, artırılmış gerçeklik veya yapay zekâ araçları gibi dijital teknolojileri keşfetmelerine olanak tanıyan teknoloji destekli öğrenme ortamları oluşturulmalıdır. Bu süreçte öğrencilerin teknoloji yardımıyla çözüm üretmelerine ve kendi dijital ürünlerini geliştirmelerine fırsat verilmelidir. Öğretmenlerin ve öğretmen adaylarının ise teknoloji destekli etkinlikler geliştirmeleri için teknolojik bilgilerinin sürekli güncel tutulması ve eksiklerin hizmet öncesi-hizmet içi dönemlerde giderilmesi önemlidir. Ayrıca öğretmenlerin sınıflarında teknolojiye erişimle ilgili erişim farklılıklarının giderilmesi de gerekmektedir. Böylece ortaokul STEM uygulamalarında teknoloji, STEM uygulamalarında etkili şekilde kullanılabilir.

Ortaokul Kademesinde Örnek STEM Etkinlikleri

Ortaokul kademesinde STEM yaklaşımının somut olarak hayata geçirilmesi, öğrencilerin disiplinler arası düşünme, problem çözme, tasarım yapma ve üst düzey düşünme becerilerini geliştirebilmeleri açısından kritik öneme sahiptir. Bu bağlamda, fen, matematik, teknoloji ve mühendislik bileşenlerini bir araya getiren, gerçek yaşam problemlerine dayalı ve öğrencilerin aktif katılımını önceleyen örnek etkinliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle mühendislik tasarım döngüsünü (problemi

tanımlama, çözüm üretme, prototip geliştirme, test etme ve iyileştirme) merkeze alan uygulamalar; öğrencilerin hem bilişsel hem de duyuşsal kazanımlarını desteklemekte, derslerde ele alınan kavramların günlük yaşam bağlamlarıyla ilişkilendirilmesine imkân vermektedir. Bu bölümde, STEM yaklaşımının yoğun biçimde uygulandığı ortaokul matematik ve fen bilimleri derslerine yönelik örnek STEM etkinlikleri sunularak, öğretmenlerin hem sınıf içi hem de okul dışı öğrenme ortamlarında kullanabilecekleri uygulanabilir öğretim tasarımlarına ilişkin bir çerçeve oluşturulması amaçlanmaktadır.

Tablo 1. *Fen Bilimleri Dersinde Uygulanabilecek Ders Planı Örneği (İnce, 2024)*

STEM PROJE TABANLI ÖĞRENME TEMELLİ DERS PLANI
Ders: Fen Bilimleri **Öğrenme Alanı:** Kuvvet ve Enerji \ **Kuvvet, İş ve Enerji** Sınıf: 7 **Süre:** 4 Ders Saati
✓ **Hedef Kazanımlar: (MEB, 2018a)** **1.1. Bilişsel Süreç Kazanımları:** **FEN BİLİMLERİ DERSİNE AİT KAZANIM** F.7.3.3.1 Kinetik ve potansiyel enerji türlerinin birbirine dönüşümünden hareketle enerjinin korunduğu sonucunu çıkarır. **MATEMATİK DERSİ AİT KAZANIM:** M.7.1.4.3. Gerçek hayat durumlarını inceleyerek iki çokluğun orantılı olup olmadığına karar verir M.7.1.4.7. Doğru ve ters orantıyla ilgili problemleri çözer. **TEKNOLOJİ TASARIM DERSİNE AİT KAZANIM** TT. 7. A. 2. Tasarım elemanlarını ve tasarım ilkelerini kullanarak bir tasarım oluşturur. TT. 7. B. 2. 1. Tasarımı için taslak çizimler yapar. "Gerçek hayatta karşılaşılan probleme ilişkin düşünülen çözüm önerisi kâğıt üzerinde iki boyutlu olarak gösterilir. TT. 7. D. 1. 4. Tasarımın modelini veya prototipini oluşturur. TT. 7. D. 1. 5. Tasarımını belirlenen kriterlere göre değerlendirir.

TT. 7. D. 1. 6. Tasarladığı ürünü değerlendirme sonuçlarına göre yeniden yapılandırır.

MÜHENDİSLİK UYGULAMALARINA AİT KAZANIM

F.6.8.1.1. Günlük hayattan bir problemi tanımlar.

a) Problemin günlük hayatta kullanılan veya karşılaşılan araç, nesne veya sistemleri geliştirmeye yönelik olması istenir.

b) Bu aşamada problemin malzeme, zaman ve maliyet kriterleri kapsamında ele alınması beklenir.

c) Problemlerin, eğitim öğretim yılının başından itibaren farklı dersler kapsamında yer alan konularla ilişkili olması tercih edilebilir.

F.6.8.1.2. Problem için muhtemel çözümler üretir ve bunları karşılaştırarak kriterler kapsamında uygun olanı seçer.

F.6.8.1.3. Ürünü tasarlar ve sunar.

a) Ürün tasarımı ve yapımı okul ortamında yapılır.

b) Öğrencilerden, ürün geliştirme aşamasında deneme yapmaları, bu denemeler sonucunda elde ettikleri nitel ve nicel verileri, gözlemleri kaydetmeleri ve grafik okuma veya oluşturma becerileriyle değerlendirmeleri beklenmektedir.

21. YY BECERİLERİNE AİT KAZANIM

F.6.8.1.4. Ürünü pazarlamak için stratejiler geliştirir ve ürünü tanıtır.

a) Gözlem, araştırma verilerini ve elde ettikleri sonuçları sözlü, yazılı ve/veya görsel malzeme kullanarak uygun şekillerde sunmaları,

b) Arkadaşlarıyla iletişim kurmaları, yaratıcılık ve girişimcilik özelliklerinin gelişmeleri istenir.

1.2. Sosyal Grup Kazanımları

a) Grup arkadaşlarıyla etkileşimli çalışır, fikirlerini özgürce savunur ve ürününü etkili şekilde sunumunu yapabilir.

2. Kullanılan Materyaller

- ✓ slikon
- ✓ silikon tabancası
- ✓ kapaklar
- ✓ çöp şiş
- ✓ pipet
- ✓ plastik lastikler
- ✓ piller
- ✓ fon kartonlar
- ✓ mukavva

3. Kaynaklar

- ✓ 8. sınıf fen bilimleri ders kitabı,
- ✓ 8. sınıf matematik ders kitabı
- ✓ Fatih akıllı tahta, eğitim bilişim ağı (EBA)

4. Bilgi Temelli Günlük Hayat Problemi (BTGHP)

Şehit ve gazi yakınlarının çocukları için sosyal sorumluluk projesinde yer aldığınızı düşünün. Onları eğlendirebilmek amacı ile bir oyuncak tasarlamak istiyorsunuz. Bu oyuncağın hem maliyeti az ve pil veya elektrik enerjisi kullanmadan hareket etmesini istiyorsunuz? Siz bir mühendis olsaydınız bu oyuncağı hareket ettirmek için alternatif hangi enerji kaynakları kullanırdınız? Mühendislik tasarım süreçlerini kullanarak projenizi hazırlayınız.

5. Sınırlamalar

Eğlenceli araba projesini yaparken kolay ulaşılabilir ve maliyeti az malzemeler seçilmiş olmalı. Eğlenceli araba farklı kalınlıkta plastik lastik, teker dönme sayısı veya ideal tekerlek ebatı gibi değişkenler deneyerek alınan yol uzunluğunu ölçüp değişimi not almalısınız. Alınan ölçümleri grafik haline dönüştürmelisiniz. Eğlenceli araba kullanımı pratik olmalı. Aracın hızını yavaşlatan etkiler en aza indirecek şekilde tasarlanmalı.

6. Ders İçeriği

Şimdi ünite ile ilgili enerji ne demek? Enerji çeşitleri nedir? Enerjinin dönüşümü gibi temel bilgileri öğreneceğiz. Hareket eden bir varlığın, elektrik tellerine konmuş olan kuşun ya da sıkıştırılmış bir yayın sahip olduğu enerji vardır. Hareketli varlıkların sahip olduğu enerjiye hareket(kinetik) enerjisi denir. Cisimlerin konumlarından (bulundukları yerden) dolayı sahip oldukları enerjiye çekim potansiyel enerjisi denir. Esnek cisimlerin sahip olduğu enerjiye esneklik potansiyel enerjisi denir.

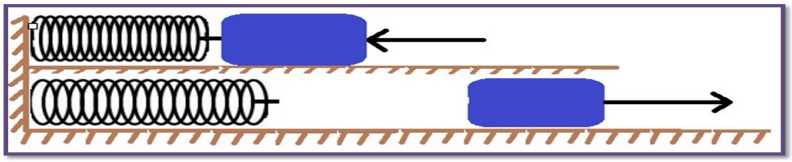
Esneklik Potansiyel Enerjisi

Kuvvet uygulandığında şekli değişen, kuvvet ortadan kaldırıldığında eski haline dönebilen cisimlere esnek cisimler denir. Yay, ok yayı, paket lastiği gibi maddeler esnek maddelerdir.



Şekil 1.

Sıkıştırdığımız bir yayın önüne bir cisim koyup yayı serbest bıraktığımızda araba hareket eder. Yay arabaya bir kuvvet uygulayarak hareket ettirdiğinden dolayı iş yapar. Yayın iş yapması enerjisinin olduğunu gösterir. Esnek cisimlerin sıkışması ve gerilmesi sonucu bu cisimlerde biriken enerjiye esneklik potansiyel enerjisi denir.



Şekil 2.

Esneklik potansiyel enerjisi;

- Esnek cismin cinsine (yapıldığı madde) ve
- Esnek cismin sıkışma ve gerilme miktarına bağlıdır.

Esnek cisimler ne kadar çok sıkıştırılırsa veya ne kadar çok gerilirse o kadar çok enerjiye sahip olur. Dolayısıyla esneklik potansiyel enerjisi artar. Örneğin; kurmalı masa saati, kurmalı bir oyuncak esnek maddelerin bu sahip olduğu enerji ile çalışır.

Gruplar sınıf mevcudu dikkate alınarak 7 öğrenciyi geçmeyecek şekilde ve oturma mesafesine dikkat edilerek oluşturulmuştur. Grup oluşumunda öğrencilerin

arkadaş tercihleri dikkate alınmıştır. Dört farklı grup oluşturulmuştur. Bu gruplardan biri eğlenceli araba projesini stem uygulama yönergesine göre yaptırılmıştır. Uygulama yönergesi mühendislik tasarım süreci aşamalarına göre oluşturulmuştur.

7. Uygulama Yönergesi

Hazırlık: Eğlenceli araba grubunda bulunan her öğrenciye bir adet çalışma yaprağı dağıtılır.

Giriş: Gerilmiş yay ve eski çağlarda kullanılan mancınık gibi eski savaş aletleri izlettirilir.

Tahmin: Öğrenciler, tahminlerini ifade ederler.

Problemin tanımlanması: Eğlenceli araba grubunun öğrencilerinin etkinlik kutusu içerisindeki materyalleri incelemelerine izin verilir. Öğrencilerin çalışma yapraklarındaki konu, araştırma problemi ve problemin çözümünde ihtiyaç duyulan bilimsel bilgiler bölümlerini doldurmaları istenir.

Çözüme Karar verme: Grup üyeleri temel değişkenler ve verilen göreve bağlı olarak problemin çözümüne yönelik alternatif çözümler önermeleri için teşvik edilirler.

Tasarım: Öğrenciler tasarımlarını ayrıntılı bir şekilde çalışma yapraklarına çizerler. Öğrencilerden tasarımlarındaki önemli noktaları ve tasarımın nasıl çalıştığını belirtmeleri istenir. Bu aşamada tasarımlar uygulayıcı tarafından bilimsel kavramlar, tasarımın nasıl çalıştığı, çizimlerin orantılı olması, tasarımın arkasında yatan temel fikir ve malzemeler kriterlerine göre değerlendirilebilir.

Prototip oluşturma: Grup üyeleri, tasarımlarına bağlı kalarak etkinlik malzemeleri ile prototipi oluştururlar.

Prototipi test etme: Grup üyeleri, prototiplerini test ederler.

Yeniden tasarım: Çalışmayan prototipler için grup üyeleri tasarım aşamasına geri dönerler ve tasarımlarını düzeltirler.

Yeniden prototip oluşturma: Yeniden tasarım aşamasındaki tasarıma göre grup üyeleri prototipi yeniden oluştururlar.

8. Değerlendirme

✓ Projelerin niteliği ve hazırlanma aşamaları açısından değerlendirilecek.
✓ Proje sırasında kullanılan bilgilerin doğruluğu değerlendirilecek.
✓ Proje hazırlama sürecinde faydalanılan kaynaklar değerlendirilecek.
✓ Proje sunumunun yapılması değerlendirilecek.
✓ Sunuda kullanılan içerik ve yararlanılan kaynaklar açısından değerlendirilecek.
✓ Her proje diğer gruplar tarafından tartışılıp, görüşler belirtilecek ve değerlendirilecek.

Tablo 2. *Matematik Dersinde Uygulanabilecek Ders Planı Örneği: Baca Filtresi (Ceylan, 2022)*

<table>
<tr><td>Disiplinler</td><td>Ders Saati</td><td>4 saat</td></tr>
<tr><td rowspan="4">MATEMATİK</td><td>Sınıf</td><td>8</td></tr>
<tr><td>Öğrenme Alanı</td><td>Geometri</td></tr>
<tr><td>Alt Öğrenme Alanı</td><td>Geometrik Cisimler</td></tr>
<tr><td colspan="2">Kazanımlar (MEB, 2018b)
M.8.3.4.1. Dik prizmaları tanır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımını çizer.
M.8.3.4.2. Dik dairesel silindirin temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımını çizer.
M.8.3.4.3. Dik dairesel silindirin yüzey alanı bağıntısını oluşturur, ilgili problemleri çözer.
M.8.3.4.4. Dik dairesel silindirin hacim bağıntısını oluşturur; ilgili problemleri çözer.
M.8.3.4.5. Dik piramidi tanır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımını çizer.
M.8.3.4.6. Dik koniyi tanır, temel elemanlarını belirler, inşa eder ve açınımını çizer.</td></tr>
</table>

FEN BİLİMLERİ	**Konu Alanı**	Madde ve Doğası-Canlılar ve Yaşam
	Alt Konu Alanı	Yakıtlar-Madde Döngüleri ve Çevre Sorunları
	Kazanımlar • F.6.4.4.1. Yakıtları, katı, sıvı ve gaz yakıtlar olarak sınıflandırıp yaygın şekilde kullanılan yakıtlara örnekler verir. • F.6.4.4.2. Farklı türdeki yakıtların ısı amaçlı kullanımının, insan ve çevre üzerine etkilerini tartışır. • F.6.4.4.3. Soba ve doğal gaz zehirlenmeleri ile ilgili alınması gereken tedbirleri araştırır ve rapor eder. • F.8.6.3.3. Küresel iklim değişikliklerinin nedenlerini ve olası sonuçlarını tartışır.	
TEKNOLOJİ VE TASARIM	• Öğrenci elde ettiği verileri kullanarak analiz eder. Elde ettiği verilerdeki eğilimleri ve orantılı ilişkileri fark eder. • Öğrenciler tasarladıkları filtrenin maketini yaparlar. • Çevre bilimi mesleğini bilir ve çalışma alanları hakkında bilgi sahibi olur.	
MÜHENDİSLİK	• Model yaparken ölçüm ve çizim aletlerini etkin bir şekilde kullanır. • Öğrenci görsel, yazılı ve sözlü iletişim yöntemlerini kullanarak fikirlerini ve bulgularını hedef kitleye açık ve tutarlı olarak ifade eder ve tartışır.	

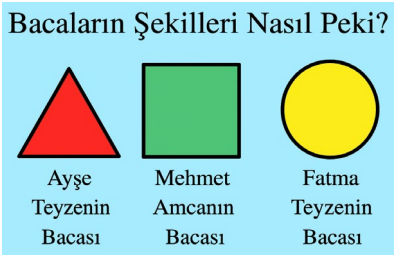
	• Öğrenci uygun araç-gereç, materyal ve teknikleri kullanarak bir maket yapar. • İletişim ve iş birliği içerisinde bulunarak yaratıcılığını ortaya koyar.
21. YÜZYIL BECERİLERİ	• İletişim ve iş birliği içerisinde bulunarak yaratıcılığını ortaya koyar. • Bilgileri analiz ederek gösterdiği üretkenlik sonucu model ortaya çıkarır.

GİRİŞ

Dersin giriş aşamasında öğretmen, öğrencilere "İklim değişikliği ve küresel ısınma nedir?" sorusunu yönelterek konuyla ilgili mevcut bilgi ve düşüncelerini ortaya çıkarmalarını sağlar. Ardından, "İklim değişikliğinin ve küresel ısınmanın sebepleri sizce nelerdir?" ve "Bu sorunlara karşı hangi önlemler alınabilir? Siz günlük yaşamda hangi uygulamaları gerçekleştiriyorsunuz?" gibi yönlendirici sorularla öğrencilerin konuya ilişkin farkındalığı derinleştirilir. Bu aşamayı, iklim değişikliği ve küresel ısınmaya ilişkin kısa bir video gösterimi takip eder. Videoda vurgulanan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik öğrencilerin ön bilgilerini yoklamak amacıyla "Videoda bahsi geçen yenilenebilir enerji kaynakları hakkında neler biliyorsunuz?" sorusu yöneltilir. Öğrencilerin açıklamalarından sonra yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin ikinci bir video izletilir ve yenilenemeyen enerji kaynakları üzerinde durulur. Bu kapsamda, günlük yaşamdan somut örnekler verilerek enerji tüketimi ve çevresel etkiler arasındaki ilişki tartışmaya açılır. Dersin devamında soba kullanımı, soba kaynaklı riskler ve karbonmonoksit zehirlenmeleri ele alınır. Öğretmen, soba zehirlenmelerinin nedenlerini öğrencilere sorarak bu tür kazaları önlemeye yönelik alınması gereken güvenlik önlemlerine ilişkin öğrencilerin görüşlerini alır.

KEŞFETME

Bu aşamada öğretmen, öğrencilerden bir hikâye bağlamı üzerinden proje tasarlamalarını ister. Sunulan senaryo şu şekildedir: "Bartın'ın Kutlubey köyünde yaşayan Ayşe Teyze, televizyonda küresel ısınmaya ilişkin bir haber izlemiş ve soba bacasından çıkan dumanın çevre ve atmosfer için oluşturduğu zararların farkına varmıştır. Bu durumu komşuları Mehmet Amca ve Fatma Teyze ile paylaşmıştır. Ayşe Teyze, komşularıyla birlikte, çevresel etkileri azaltmak amacıyla bir baca filtresi edinmenin yerinde bir çözüm olacağına karar vermiştir. Ancak küçük bir sorun bulunmaktadır. Bu üç komşunun soba baca boruları birbirinden farklı şekillerdedir. Bu nedenle, uygun bir baca filtresi tasarlama konusunda sizden yardım istemektedirler.



Şekil 1.

Sınıfta en az dört öğrenciden oluşan gruplar oluşturulur. Öğrencilerden, Şekil 1'de verilen geometrik şekilleri taban olarak kullanarak çeşitli prizmalar, silindir vb. tasarlamaları istenir. Ardından, tasarladıkları bu prizmaların, silindirlerin vb. açınımlarını çizmeleri beklenir.

AÇIKLAMA

Öğrenciler çizimlerini tamamladıktan sonra grup çalışmaları öğretmen tarafından incelenir. Bu incelemenin ardından öğretmen, dik prizma, dik dairesel silindir, dik piramit ve dik koni hakkında açıklayıcı bilgiler sunar. Öğrencilerden, bu geometrik şekilleri kendi tasarımlarıyla karşılaştırmaları ve bir baca filtresi için en uygun şekli belirlemeleri istenir. Ayrıca seçtikleri şekli tercih etme gerekçelerini açıklamaları beklenir. Öğretmen, söz konusu dört geometrik yapının bir filtre tasarımında sağlayabileceği olası avantaj ve dezavantajları tartışmaya açar. Gruplar uygun şekli belirledikten sonra filtre tasarım sürecine geçilir.

DERİNLEŞTİRME



Şekil 2.

Öğrencilere baca filtresinin iç yapısını oluşturan temel elemanlar tanıtılır. Bu aşamada, yandaki görsel kullanılarak filtre bileşenlerinin hangi sırayla yerleştirilmesi gerektiği açıklanır. Elemanların karton yüzeyine boşluk kalmadan yerleştirilmesine özellikle dikkat çekilir. Ayrıca fanın, içerden dışarıya doğru hava akışı sağlayacak biçimde konumlandırılması gerektiği vurgulanır. Öğrencilerden, seçtikleri geometrik şekillerle tasarladıkları prizma, silindir vb. modellerin içine bu elemanları uygun şekilde yerleştirerek filtre maketini oluşturmaları istenir. Sıcak silikon ve makas gibi kesici-yakıcı materyallerin kullanımı öğretmen gözetiminde gerçekleştirilmelidir. Maketler tamamlandıktan sonra, prizmanın, silindirin vb. modellerin içindeki elemanların işlevi somut bir örnek üzerinden yeniden gösterilir. Dersin sonunda, filtrenin işlevselliğini değerlendirmek amacıyla öğretmen, mum yardımıyla duman oluşturarak öğrencilerle birlikte tasarlanan filtrenin çalışıp çalışmadığını gözlemler.

FEN BİLİMLERİ ENTEGRASYONU:

Giriş aşamasında, İklim Değişikliği ve Küresel Isınma ile Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına ilişkin videolar izletilir ve bu videolar üzerine yönlendirici sorular sorularak öğrencilerin ön bilgileri ve farkındalıkları ortaya çıkarılır.

MÜHENDİSLİK ENTEGRASYONU -TEKNOLOJİ-TASARIM:

Öğretmen, giriş aşamasında videolar izletilirken çevre bilimine ilişkin temel bilgiler sunar. Bu bağlamda, çevre biliminin *"insan ile doğa arasındaki ilişkileri, etkileşimleri ve çevre sorunlarını inceleyen bir bilim dalı"* olarak tanımlanabileceği belirtilir. Ayrıca çevre biliminin

uygulama ağırlıklı ve disiplinler arası bir yapıya sahip olduğu vurgulanır.

ETKİNLİK:

Amaç: Öğrencilere Baca Filtresi Yaptırmak	
	Bilinmesi Gereken Kavramlar **Geometrik Cisimlerin Türleri:** Dik prizma, dik dairesel silindir, dik piramit ve dik koni. **Çevre Bilimi:** Çevre bilimi için "insan ile doğa arasındaki ilişkileri, etkileşimleri ve çevre sorunlarını inceleyen bilim dalı" şeklinde bir tanım yapılabilir. Çevre bilimi uygulama ağırlıklı ve disiplinler arası bir bilim dalıdır. **Yenilebilir Enerji:** Yenilenebilir enerji, doğadaki kaynaklardan elde edilebilen ve doğa tarafından daimî olarak takviye edilebilen enerjiye denir.
1. Öğrencilere enerji kaynakları hakkında bilgiler verilir. **2.** Öğrenciler geometrik cisimleri keşfeder. **3.** Geometrik cisimler hakkında bilgiler verilir. **4.** Filtre için uygun geometrik cisim seçilir.	**Gerekli olan materyaller** • Kâğıt • Kalem • Fan • Pil (9 Volt) • Karton • Makas • Sıcak silikon • Cetvel

5. Filtre yapımına başlanır.
6. Oluşturulan filtre kontrol edilir.

DEĞERLENDİRME

Nitelikler	Az İyi (1 puan)	İyi (2 puan)	Çok İyi (3 puan)
Bir baca filtresinin A4 kâğıdına çizimi	Çizimde eksikler var.	Çizim yapıldı ama hatalar var.	Çizim çok iyi yapıldı.
Baca filtresinin yapımında malzeme seçimi	Malzeme seçimi yanlış.	Malzeme seçimi yetersizdi. Daha dayanıklı malzemeler seçebilirdi.	Malzeme seçimi doğru.
Baca filtresinin tabanının geometrik şekli	Seçilen geometrik şekli maket haline getiremedi.	Seçilen geometrik şekli doğru bir şekilde maket haline getiremedi.	Seçilen geometrik şekli doğru bir şekilde maket haline getirdi.
Baca filtresindeki elemanların kartonlarla arasındaki boşluk	Çok fazla boşluklar var.	Az miktarda boşluklar var.	Boşluklar yok.
Baca filtresinin boyutu	Baca filtresi 20-30 cm arasında.	Baca filtresi 30-40 cm arasında.	Baca filtresi 40-50 cm arasında.
Baca filtresindeki fanın konumu	Baca filtresine fanı takamadı.	Baca filtresine fanı ters taktı.	Baca filtresine fanı doğru taktı.
Baca filtresinin dumanlı havayı temizlemesi	Baca filtresi dumanlı havayı temizlemedi.	Baca filtresi dumanlı havayı az miktarda temizledi.	Baca filtresi dumanlı havayı temizledi.
Bacanın estetik görünümü	Bacanın dış görünümü kötüydü.	Bacanın dış görünümü yetersizdi.	Bacanın dış görünümü çok iyiydi.
Grup ile olan uyumu	Grupla uyumu kötüydü.	Grupla uyumu yetersizdi.	Grupla uyumu çok iyiydi.
Kendini ifade edebilme ve ürün tanıtma	Kendini yeterinde edemedi. Ürünü tanıtmada başarısız.	Kendini kısmen ifade edebildi. Ürünü tanıtmada eksikleri var.	Kendini ifade edebildi. Ürününü güzel bir şekilde tanıttı.

Tablo 3. *Matematik Dersinde Uygulanabilecek Ders Planı Örneği: Köprü İnşaatı Etkinliği (Alaçamlı-Çulha, 2023)*

Köprü İnşaatı Etkinliği



Şekil 1.

PROBLEM

Ülkemizde özellikle bu yıl yaşanan küresel ısınma probleminin sonuçları felaketler getirdi. Yaşanan sel felaketleri birçok köprünün yıkılmasına yol açtı. Yıkılan bu köprülerin yerine yenilerini yapmak isteyen bir inşaat firmasında mühendis olarak çalışmakta olduğunuzu hayal edin. Yalnızca kâğıt ve bazı sarf malzemeleri kullanarak, maksimum yükü taşıyabilecek bir köprü inşa ediniz. Bu köprü ağırlık konulduğunda veya konulmadığında dengede-ayakta durmalıdır.

SINIRLAMALAR:
1) Köprü her durumda ve koşulda dengede durmalıdır.
2) Yapılan köprü maketine giderek artan ağırlıkları denemeli ve en çok ne kadarlık bir ağırlığı taşıyabildiğini test etmelisiniz. Süreci not almalısınız.
3) Gerekli ise revize işlemlerini yapmalı ve en fazla yük taşıyabilen bir köprü maketini tamamlamalısınız.
4) Yapılması planlanan köprü maketinin taslak çizimini yapmalısınız.
5) Maketin uzunluğu 30 cm'yi geçmemelidir.
6) Grup çalışması şeklinde 3 veya 4 kişilik gruplarla çalışmalısınız.
7) Adımlar STEM defterine eksiksiz yazılmalıdır.

BİLGİ EDİNME

1. Kiriş, makas, konsol ve askı gibi temel köprü tiplerinin ne olduklarını biliyor musunuz? Bilmediğiniz var mı? Anlamlarını araştırmalısınız.

2. Nasıl bir iş bölümü yaptınız? Görevlerinizi not ediniz. Araştırmanızı ne şekilde yaptınız?

3. Hazırlayacağınız köprü maketi hakkında bulduğunuz bilgileri yazınız.

4. Maket tasarımında neleri özgün bir şekilde yapmayı planladınız.

FİKİR GELİŞTİRME

Öneri Malzeme Listesi:

- Maket ana malzemesi için uygun kâğıt (karton, mukavva veya normal kâğıt olabilir)
- Makas
- Yapıştırıcı veya bant vb.
- Cetvel

- Test edebilmek için bazı ağırlıklar

Dilediğin malzemeyi ekleyebilir veya çıkarabilirsin.
Hangi malzemeleri eklemeyi veya çıkarmayı düşünüyorsun?

Tasarlayacağınız köprü maketinin daha özgün olabilmesi için neler yapılabilir?

Tasarlamayı düşündüğün maketi aşağıdaki gerçek köprü resimlerinden yararlanarak, 3 boyutlu olarak yapmanı istiyoruz:



Şekil 2.

Bu etkinlik optimal bir yüke dayanabilecek bir kâğıt köprü tasarlamak ve inşa etmek için matematik, fen ve mühendislik bilgilerinin uygulanmasını gerektiren bir dizi problem etkinliğinden ve beşinci sınıf öğrencilerinin tasarımlarının incelenmesinden oluşmaktadır. Bu çalışmada, düşündürücü öğrenci çalışma kitapları

aracılığıyla bilgi yansıtma ve bilgi iskelesi oluşturmaya odaklanılmıştır. Bulgular arasında öğrencilerin planlama, tasarlama, yansıtma, inşa etme ve yeniden tasarlama becerileri yer almaktadır.
TEST ETME Tasarımınız; Problem, Sınırlamalar, Bilgi Edinme ve Fikir Geliştirme sonuçlarınız ile ne derece uyumludur?
Hazırladığınız köprü maketlerinde ağırlık taşıma kapasitelerini vb. gözlemlerinizi yaptınız mı? Öğretmeninizin verdiği sınırlamalar çerçevesinde tasarladığınız maket ne derece uygun oldu? Uygun olmadığını düşünüyorsanız tasarım sürecinde nerede değişiklik yapmanız gerekiyor?

ÖZ DEĞERLENDİRME

1) Çözüm üretirken hangi matematiksel işlemlerden yararlandınız? Bilmediğiniz ve sonradan araştırarak öğrendiğiniz bir kavram oldu mu?

2) Bu probleme çözüm ararken hangi matematik kavramlarını öğrendiniz?

3) En zorlandığınız kısım neydi? Neden? Nasıl bir çözüm buldunuz?

4) Ürün oluştururken, işinizin daha kolay olmasını sağlayacak farklı bir çözüm önerisi nasıl bulabilirdiniz? Hangi sınırlamalar sizi daha çok zorladı?

5) Bu etkinlikteki probleme çözüm getirirken matematik dışında en çok hangi alandan yardım aldığınızı düşünüyorsunuz?

6) Bir sonraki etkinlikte neleri daha iyi yapacağınızı düşünüyorsunuz? Bu konuda bir planlama yapabilir misiniz?

STEM Yaklaşımının Sürdürülebilirliği ve Geleceğe Yönelik Öneriler

STEM, disiplinlerarası doğası ve gerçek dünya problemlerine dayalı öğrenme olanakları sayesinde sürdürülebilir kalkınma hedeflerine güçlü bir şekilde katkı sunabilen bir yaklaşımdır. Ayrıca STEM eğitimi, geleceğin vatandaşlarının sürdürülebilir kalkınma sorunlarını anlayıp çözebilmeleri için gerekli bilgi ve becerilerle donatılmasında kritik bir rol oynamaktadır. Çünkü STEM uygulamalarının etkisi yalnızca sınıf içi kazanımlarla sınırlı değildir. Aynı zamanda eğitim sistemlerinin sürdürülebilir gelişimine ve ekonomik kalkınmaya katkı sunan stratejik bir alan olarak da görülmektedir. STEM; yenilik yapma, değişimi yönetme ve sorumlu vatandaşlık gibi sürdürülebilir yaşamı destekleyen sosyal becerileri güçlendirerek bireylerin

sürdürülebilir kalkınmaya aktif biçimde katkı sunmasını sağlar (Nguyen, Nguyen ve Tran, 2020). Ayrıca STEM eğitimi, öğrencilerin bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik bilgisini gerçek yaşam bağlamlarında kullanarak problem çözme becerilerini geliştirmesini sağlayarak öğrencileri, teknolojik ve toplumsal değişimleri anlayan, bağımsız düşünen ve yaşadıkları çevrede sürdürülebilir kalkınmaya katkı sunan sorumlu bireylere dönüşmesine yardımcı olur (Gamage, Ekanayake ve Dehideniya, 2022). Bununla ilgili olarak AlAli vd., (2023) öğretmenlerin STEM'e yönelik olumlu algılarının sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşma kapasitesini güçlendirdiğini ve STEM eğitiminin kapsayıcı ve nitelikli eğitim, çevresel farkındalık ve yoksulluğun azaltılması gibi hedeflere doğrudan katkı sunduğunu, ancak bu katkının sürdürülebilir olması için öğretmenlerin mesleki gelişiminin kritik önem taşıdığını vurgulamaktadır.

Nguyen ve arkadaşları (2020) de öğretmenlerin STEM yaklaşımını değerli bulduklarını, ancak disiplin entegrasyonu ve pedagojik tasarım konusunda önemli ölçüde desteğe ihtiyaç duyduklarını ortaya koymaktadır. Literatürdeki çalışmalar genel olarak sürdürülebilir bir STEM eğitiminin; disiplinlerin birbirinden ayrılmadığı, gerçek yaşam problemlerine dayalı ve tasarım odaklı bir yapıyı gerektirdiğini göstermektedir (Gamage vd., 2022; Nguyen vd., 2020). Bu çerçevede STEM etkinliklerinin sürdürülebilirlik bağlamlarıyla planlanması ve öğrencilerin küresel sürdürülebilirlik sorunlarına yönelik çözüm üretme süreçlerinde aktif rol üstlenmesi gerekmektedir (AlAli vd., 2023). Ayrıca öğretmenlerin STEM'i sürdürülebilir biçimde uygulayabilmesi için uzun soluklu, uygulamaya dönük ve araştırma temelli mesleki gelişim programlarına duyulan ihtiyaç açıkça ortaya çıkmaktadır (AlAli vd., 2023; Nguyen vd.,

2020). Husni ve Low'ın (2025) çalışması, sürdürülebilir eğitim yaklaşımlarının yaygınlaştırılmasında akademik iş birliklerinin, veri paylaşımının ve küresel araştırma ağlarının güçlendirilmesinin belirleyici bir rol oynadığını göstermektedir. Bu sonuç, STEM'in sürdürülebilirliğinin yalnızca pedagojik değil, aynı zamanda araştırma ve iş birliğine dayalı bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır. Bu açıklamalar doğrultusunda şu öneriler sunulabilir:

- Öğretmenlerin STEM yaklaşımına ilişkin mesleki gelişimleri sürekli ve uygulama temelli programlarla desteklenmelidir. Özellikle disiplin entegrasyonu ve tasarım odaklı öğrenme süreçlerine yönelik eğitimlerin uzun vadeli planlanması önem taşımaktadır.
- STEM uygulamalarında teknolojinin rolünü netleştiren rehber materyaller geliştirilmelidir. Böylece teknoloji, yüzeysel bir araç olarak değil, öğrenme sürecini güçlendiren temel bir bileşen olarak konumlandırılabilir.
- STEM etkinlikleri sürdürülebilirlik bağlamlarıyla ilişkilendirilerek gerçek yaşam problemlerine dayalı uygulamalar yaygınlaştırılmalıdır. Bu yaklaşım, öğrencilerin hem çevresel farkındalıklarını hem de toplumsal sorumluluk bilincini geliştirmektedir.
- Okullarda öğretmenler için iş birliğini artıracak disiplinler arası planlama süreçleri oluşturulmalıdır. Bu tür yapılar, STEM uygulamalarının tutarlı ve sürdürülebilir biçimde yürütülmesine katkı sunar.

- Üniversiteler, okullar ve araştırma kurumları arasında iş birlikleri güçlendirilerek STEM uygulamalarının araştırma temelli gelişimi desteklenmelidir. Açık veri paylaşımı ve ortak projeler bu süreci kolaylaştıracaktır.
- STEM uygulamalarının sürdürülebilirliği için ulusal düzeyde politika ve altyapı destekleri sağlanmalıdır. Okulların donanım, materyal ve teknoloji ihtiyaçlarının karşılanması öğretimin niteliğini doğrudan artıracaktır.

Kaynakça

Açışlı-Çelik, S. (2022). STEM etkinliklerinin ortaokul 6. sınıf öğrencilerinin problem çözme becerilerine, eleştirel düşünmelerine ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, (*56*), 287-313. https://doi.org/10.9779/pauefd.1054678

Agudelo-Rodríguez, C. M., González-Reyes, R. A., Bernal Ballen, A., Merchán Merchán, M. A., & López Barrera, E. A. (2024). Characterization of STEM teacher education programs for disciplinary integration: A systematic review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 20*(3), em2408. https://doi.org/10.29333/ejmste/14280

Akgündüz, D., Aydeniz, M., Çakmakçı, G., Çavaş, B., Çorlu, M. S., Öner, T., & Özdemir, S. (2015). *STEM eğitimi Türkiye raporu.* Scala Basım.

Akkaya, M. M. (2019). *Kuvvet ve hareket ünitesinde uygulanan STEM etkinliklerinin 6.sınıf öğrencilerinin başarı, tutum ve görüşleri üzerine etkisi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Gazi Üniversitesi.

Alaçamlı-Çulha, S. (2023). *Matematik ağırlıklı STEM etkinliklerinin uygulanması sürecinde matematik eğitimi değerlerinin incelenmesi: Beşinci sınıf örneği.* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Bursa Uludağ Üniversitesi.

AlAli, R., Alsoud, K., & Athamneh, F. (2023). Towards a sustainable future: evaluating the ability of STEM-based teaching in achieving Sustainable Development Goals in learning. *Sustainability, 15*(16), 12542.

Asal, R. (2020). *Mühendislik tasarım temelli fen öğretiminin ilkokul 4. sınıf öğrencilerinin bilimsel yaratıcılık ve eleştirel düşünme becerilerine etkisi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Gazi Üniversitesi.

Aygün, İ. (2019). *5E öğrenme modelinin 7. sınıf öğrencilerinin cebir öğrenme alanındaki akademik başarı ve matematiğe karşı öz-yeterliklerine etkisi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.

Ayvacı, H. Ş. & Bakırcı, H. (2012). Fen ve teknoloji öğretmenlerinin fen öğretim süreçleriyle ilgili görüşlerinin 5E modeli açısından incelenmesi. *Journal of Turkish Science Education, 9*(2), 132-151.

Bahçepınar, U. (2023). *Ortaokul öğrencilerinin STEM etkinliklerine yönelik öz yeterliklerinin incelenmesi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Bozok Üniversitesi.

Bekereci, Ü. (2022). *STEM öğrenme modelinde proje tabanlı öğrenme yöntemi ve istasyon tekniği kullanımının öğrencilerin akademik başarılarına, kalıcılığa ve STEM'e yönelik tutumlarına etkisi*. [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Gazi Üniversitesi.

Bellanca, J. A. & Brandt, R. (Ed.). (2010). *21st century skills: Rethinking how students learn*. Solution Tree Press.

Bıyıklı, C. (2013). *5E öğrenme modeline göre düzenlenmiş eğitim durumlarının bilimsel süreç becerileri, öğrenme düzeyi ve tutuma etkisi*. [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Hacettepe Üniversitesi.

Bicer, A., Aldemir, T., Davis, T. J., & Young, J. (2025). Exploring the Transferability of STEM PBL Instructional Principles from Higher Education to K-12 Classrooms. *Education Sciences*, *15*(1), 1-17. https://doi.org/10.3390/educsci15010039

Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics, 112*(1), 3-11. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x

Buyruk, B. & Korkmaz, Ö. (2016). Teacher candidates' STEM awareness levels. *Participatory Educational Research (PER), Special Issue 2016-III*, 272–279.

Bybee, R. W. (1997). *Achieving scientific literacy: From purposes to practices*. Heinemann.

Bybee, R. W. (2009). *The BSCS 5E instructional model and 21st century skills. National Academies Board on Science Education.* Erişim adresi: https://sites.nationalacademies.org/cs/groups/dbassesite/documents/webpage/dbasse_073327.pdf

Bybee, R. W. (2010). *Advancing STEM education: A 2020 vision. Technology and Engineering Teacher, 70*(1), 30–35.

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities.* NSTA Press.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Van Scotter, P., Powell, J. C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness*. BSCS.

Caner, F. & Ogan-Bekiroğlu, F. (2025). Determination of integrated STEM teacher competencies: A modified Delphi method. *European Journal of STEM Education, 10*(1), 1-23. https://doi.org/10.20897/ejsteme/16497

Ceylan, H. N. (2022). *Matematik öğretmeni adaylarının 5E modeline dayalı tasarladıkları STEM ders planlarının öğretmen görüşleri doğrultusunda değerlendirilmesi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Bartın Üniversitesi.

Chacko, P., Appelbaum, S., Kim, H., Zhao, J., & Montclare, J. (2015). Integrating Technology in STEM Education. *Journal of Technology and Science Education, 5*(1), 5-14. https://doi.org/10.3926/jotse.124

Chen, Y. (2022). The psychological impact of authoritarian parenting on children and the youth. In Proceedings of the 2022 2nd International Conference on Modern Educational Technology and Social Sciences (ICMETSS 2022) (pp. 888–896). https: // doi.org/10.2991/978-2-494069-45-9_107

Cheng, L. & Kinoshita, R. (2024). Systematic Review of Technology-Based STEM Education Research in the United States. *TEM Journal, 13*(3), 1793-1804. https://doi.org/10.18421/TEM133-08

Corlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). *Introducing STEM education: Implications for educating our teachers for the age of innovation. Eğitim ve Bilim, 39*(171), 74-85.

Craft, A. M., & Capraro, R. M. (2017). Science, technology, engineering, and mathematics project-based learning: Merging rigor and relevance to increase student engagement. *Electronic International Journal of Education, Arts, and Science, 3*(6), 140-158.

Çetin, S. (2019). *STEM eğitiminin ortaokul öğrencilerinin akademik başarılarına etkisi* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Necmettin Erbakan Üniversitesi.

Çilengir-Gültekin, S. (2019). *Okul öncesinde drama temelli erken STEM eğitiminin bilimsel süreç ve yaşam becerilerine etkisi*. [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.

Çevik, M., & Azkın, Z. (2020). STEM anlayışının ve görselleştirilmesinin zekâ alanlarıyla ilişkisinde proje tabanlı öğretime dayanan STEM yaklaşımının rolü. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi, 8*(3), 1033-1058.

Darmawan, A. (2020). The influence of project-based learning-STEM model on student learning outcomes. *Jurnal Pena Sains, 7*(2), 86-92.

Değirmenci, S. (2020). *STEM eğitimi almış öğretmenlerin STEM öz yeterliliklerinin ve uygulamalarında teknoloji ve mühendislik entegrasyonu açısından yaşadıkları sorunların belirlenmesi.* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi.

Domínguez, C. & Jaime, A. (2010). Database design learning: A project-based approach organized through a course management system. *Computers & Education, 55*(3), 1312-1320.

Durucu, A. S. (2022). *Öğretmenlerin STEM+S için sorgulamaya dayalı öğretim öz-yeterlikleri ile 21. yüzyıl becerileri öğretimi arasındaki ilişkinin incelenmesi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Gaziantep Üniversitesi.

Dünya Ekonomik Forumu (2016). *The future of jobs report 2015*. World Economic Forum. Erişim adresi: https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf

Eccles, J. S., & Wigfield, A. (2020). From expectancy–value theory to situated expectancy–value theory: A developmental, social cognitive, and sociocultural perspective. *Contemporary Educational Psychology*, *61*, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2020.101859

Eckman, E. W., Williams, M. A., & Silver-Thorn, M. B. (2016). *An integrated model for STEM teacher preparation: The value of a teaching cooperative educational experience. Journal of STEM Teacher Education, 51*(1), 71-82. https://doi.org/10.30707/JSTE51.1Eckman

Ejiwale, J. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Practice, 4*(9), 228-233.

Ellis, J., Wieselmann, J., Sivaraj, R., Roehrig, G., Dare, E., & Ring-Whalen, E. (2020). Toward a productive definition of technology in science and STEM education. *Contemporary issues in technology and teacher education*, *20*(3), 472-496.

Er-Nas, S., Şenel-Çoruhlu, T., & Çepni, S. (2009). 5E modelinin derinleşme aşamasına ilişkin fen ve teknoloji öğretmenlerinin görüşleri: Trabzon ili örneği. *Kastamonu Education Journal, 17*(3), 967-982.

Gamage, K. A., Ekanayake, S. Y., & Dehideniya, S. C. (2022) Embedding sustainability in learning and teaching: Lessons learned and moving forward—Approaches in STEM higher education programmes. *Education Sciences, 12*(3), 1-20. https://doi.org/10.3390/educsci12030225

Gökbayrak, S. ve Karışan, D. (2017). STEM etkinliklerinin fen bilgisi öğretmen adaylarinin bilimsel süreç becerilerine etkisi, Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi, 8(2), 63-84.

Güneş-Varol, D. (2020). *Tasarım temelli STEM eğitimi etkinliklerinin 7. sınıf öğrencilerinde akademik başarıya,*

STEM'e yönelik tutumlara ve STEM meslek ilgisine etkisi. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Fırat Üniversitesi.

Han, S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2015). How science, technology, engineering, and mathematics (STEM) project-based learning (PBL) affects high, middle, and low achievers differently. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *13*(5), 1089-1113.

Heick, T. (2013). *Phases of inquiry-based learning: A guide for teachers. TeachThought*. Erişim adresi: http://www.teachthought.com

Herro, D., Quigley, C., & Jacques, L. A. (2018). Examining technology integration in middle school STEAM units. *Technology, Pedagogy and Education*, *27*(4),485-498. https://doi.org/10.1080/1475939X.2018.1514322

Hickey, R. (2014). Project-based learning: Where to start? *Techniques: Connecting Education & Careers, 89*(2), 8-9.

Husni, S. N. H. & Low, H. M. (2025). A bibliometric study on gender differences among educators: trends, themes, and global collaborations. *Semarak International Journal of Applied Psychology, 5*(1), 15-28. https://doi.org/10.37934/sijap.5.1.1528a

Istrate, O., Mironov, C., & Popovici, A. (2019). The use of technology in STEM education. An empirical research. *Journal of Pedagogy*, *1*, 73-91. https://doi.org/10.26755/RevPed/2019.1/73

Irak, M. (2019). *5. sınıf fen bilimleri dersi Işığın Yayılması ünitesine yönelik STEM uygulamalarının akademik başarı ve STEM'e karşı tutum üzerine etkisi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Kocaeli Üniversitesi.

İlter, M. (2022). *Öğretmenlerin STEM+S için sorgulamaya dayalı öğretim öz-yeterlikleri ile bilişsel düşünme becerileri arasındaki*

ilişkinin incelenmesi. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Gaziantep Üniversitesi.

İnce, F. E. (2024). *Proje tabanlı STEM etkinliklerinin öğrencilerin akademik başarılarına ve problem çözme becerilerine etkisi*. [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Adıyaman Üniversitesi.

Karamustafaoğlu, S. & Havuz, A. C. (2016). Inquiry-based learning and its effectiveness. *International Journal of Assessment Tools in Education, 3*(1), 40-54.

Kelley, T. R. & Knowles, J. G. (2016). *A conceptual framework for integrated STEM education. International Journal of STEM Education, 3*(1), 1-11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Keteci, H. E. (2021). *Çevrim içi STEM uygulamalarının öğrencilerin kavram öğrenmeleri ve bilimsel süreç becerilerine etkisi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Marmara Üniversitesi.

Köngül, Ö. & Yıldırım, M. (2021). The effect of STEM implementations on middle school students' scientific process skills and performance. *Journal of Human Sciences, 18*(2), 159-184. https://doi.org/10.14687/jhs.v18i2.6066

Krajcik, J., Blumenfeld, P. C., Marx, R. W., Bass, K. M., Fredricks, J., & Soloway, E. (1998). Inquiry in project-based science classrooms: Initial attempts by middle school students. *Journal of the Learning Sciences, 7*(3-4), 313-350. https://doi.org/10.1080/10508406.1998.9672057

Kwon, H., Capraro, R. M., Lee, Y., & Williams, A. (2024). Fostering growth: The impact of STEM PBL on students' self-regulation and motivation. *Research in Mathematical Education, 27*(1), 111-127. https://doi.org/10.7468/jksmed.2024.27.1.111

Lai, C. S. (2018). Using inquiry-based strategies for enhancing students' STEM education learning. *Journal of Education in Science, Environment and Health*, *4*(1), 110-117.

Lestari, T. P., Sarwi, S., & Sumarti, S. S. (2018). STEM-based project-based learning to increase science process and creative thinking skills of Grade 5 students. *Journal of Primary Education*, *7*(1), 18-24.

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

Marshall, J., Horton, B., & Austin-Wade, J. (2007). Giving meaning to the numbers. *The Science Teacher*, *74*(2), 26-32.

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018a). *Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı (3–8. Sınıflar)*. Ankara: MEB Yayınları. Erişim adresi: https://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201812312311937-FEN%20B%C4%B0L%C4%B0MLER%C4%B0%20%C3%96%C4%9ERET%C4%B0M%20PROGRAMI2018.pdf

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018b). *Matematik Dersi Öğretim Programı (İlkokul ve Ortaokul 1–8. Sınıflar)*. Ankara: MEB Yayınları. Erişim adresi: https://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201813017165445-MATEMAT%C4%B0K%20%C3%96%C4%9ERET%C4%B0M%20PROGRAMI%202018v.pdf?utm_source=chatgpt.com

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024a). *Ortaokul Fen Bilimleri dersi öğretim programı (5, 6, 7 ve 8. sınıflar).* Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli. Erişim adresi: https://mufredat.meb.gov.tr/

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024b). *Ortaokul Matematik dersi öğretim programı (5, 6, 7 ve 8. sınıflar).* Türkiye Yüzyılı

Maarif Modeli. Erişim adresi: https://mufredat.meb.gov.tr/

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024c). *Görsel Sanatlar dersi öğretim programı.* Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli. Erişim adresi: https://mufredat.meb.gov.tr/

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024d). *Beden Eğitimi ve Spor dersi öğretim programı.* Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli. Erişim adresi: https://mufredat.meb.gov.tr/

Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024e). *Yabancı Dil (İngilizce) dersi öğretim programı.* Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli. Erişim adresi: https://mufredat.meb.gov.tr/

Minner, D. D., Levy, A. J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction-What is it and does it matter? *Journal of Research in Science Teaching, 47*(4), 474-496. https://doi.org/10.1002/tea.20347

Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A. W., & Roehrig, G. H. (2014). *Implementation and integration of engineering in K–12 STEM education.* In Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices (pp. 35-60). Purdue University Press.

Nadelson, L. S., Callahan, J., Pyke, P., Hay, A., Dance, M., & Pfiester, J. (2013). *Teacher STEM perception and preparation: Inquiry-based STEM professional development for elementary teachers. The Journal of Educational Research, 106*(2), 157-168.

Nguyen, T. P. L., Nguyen, T. H., & Tran, T. K. (2020). STEM education in secondary schools: Teachers' perspective towards sustainable development. *Sustainability, 12*(21), 8865. https://doi.org/10.3390/su12218865

Ntemngwa, C. & Oliver, J. S. (2018). The Implementation of Integrated Science Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Instruction Using Robotics in the Middle School Science Classroom. *International Journal of*

Education in Mathematics, Science and Technology, 6(1), 12-40.

Ogan-Bekiroğlu, F. & Caner, F.(2018). *STEM integrations and teachers' role in this process. In M. Shelley & S. A. Kıray (Eds.), STEM Education: Current Research* (pp. 87–93). ISRES Publishing.

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, *25*(9), 1049-1079. https://doi.org/10.1080/0950069032000032199

Öner, G., & Yılmaz, Y. Ö. (2019). Ortaokul öğrencilerinin problem çözme ve sorgulayıcı öğrenme becerileri ile STEM'e yönelik tutumları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi, 8*(3), 837–861.

Özbilen, A. G. (2018). STEM eğitimine yönelik öğretmen görüşleri ve farkındalıkları. *Scientific educational studies, 2*(1), 1-21.

Özkan, C. (2019). *7. sınıf rasyonel sayılar konusunun 5E öğrenme modeli ile öğretiminin öğrenci başarısına ve eleştirel düşünme becerisine etkisi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Ondokuz Mayıs Üniversitesi.

Özkul, H., & Özden, M. (2020). Investigation of the effects of engineering-oriented STEM integration activities on scientific process skills and STEM career interests: A mixed methods study. *Education and Science*, *45*(204), 41-63. https://doi.org/10.15390/EB.2020.8870

Pang, J. & Good, R. (2000). A review of the integration of science and mathematics: Implications forfurther research. School Science and Mathematics, 100, 73-82.

Park, S. J. & Yoo, P. K. (2013). The effects of learning motive, interest and science process skills in STEAM education. *Journal of Korea Association of Science Education*, *33*(2), 265-277.

President's Council of Advisors on Science and Technology [PCAST] (2010). *Prepare and inspire: K–12 education in science, technology, engineering, and math.*

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., … & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review, 14*, 47–61.

Portillo-Blanco, A., Deprez, H., De Cock, M., Guisàsòla, J., & Zuza, K. (2024). *A systematic literature review of integrated STEM education: Uncovering consensus and diversity in principles and characteristics. Education Sciences, 14*(9), 1028.

Remijan, K. W. (2016). Project-based learning and design-focused projects to motivate secondary mathematics students. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 11*(1). https://doi.org/10.7771/1541-5015.1520

Rosdianto, H., & Teeka, C. (2019). The improvement of students' problem-solving skills through the 5E learning model. *Jurnal Pendidikan Indonesia (JPI), 8*(2), 235-243.

Salar, R. (2018). *Fizik eğitiminde farklılaştırılmış öğretim ve 5E öğrenme modelinin farklı değişkenler üzerine etkisi*. [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Atatürk Üniversitesi.

Senemoğlu, N. (2010). *Gelişim öğrenme ve öğretim: Kuramdan uygulamaya* (22. baskı). Pegem Akademi.

Smith, K., Maynard, N., Berry, A., Stephenson, T., Spiteri, T., Corrigan, D., Mansfield, J., Ellerton, P., & Smith, T. (2022). Principles of Problem-Based Learning (PBL) in STEM Education: Using Expert Wisdom and Research to Frame Educational Practice. *Education Sciences*, *12*(10), 1-20. https://doi.org/10.3390/educsci12100728

Sun, D., Zhan, Y., Wan, Z. H., Yang, Y., & Looi, C. K. (2025). Identifying the roles of technology: a systematic review of STEM education in primary and secondary schools from 2015 to 2023. *Research in Science & Technological Education*, *43*(1), 145–169. https://doi.org/10.1080/02635143.2023.2251902

Sümen, Ö. Ö. & Çalışıcı, H. (2019). STEM proje tabanlı öğrenme ortamında sınıf öğretmeni adaylarının geliştirdikleri matematik projelerinin incelenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 38*(1), 238-252.

Şahin, E. (2024). *Sorgulama temelli STEM etkinliklerinin dezavantajlı kız öğrencilerin yaratıcı kişilik özelliklerine etkisi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İnönü Üniversitesi.

Şeker, A. G. (2023). *5E ve SOS öğrenme modellerine göre hazırlanmış STEM uygulamalarının 6. sınıf öğrencilerinin 21. yüzyıl becerilerine ve STEM tutumlarına etkisi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Siirt Üniversitesi.

Tarcan-Karabulut, F. (2025). *Okul dışı öğrenme ortamlarında STEM eğitiminin ortaokul öğrencilerinin bilimsel süreç becerilerine ve mesleki ilgilerine etkisi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Atatürk Üniversitesi.

Thomas, D.R., 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(43), 1-25. https://doi.org/10.1186/s40594-023-00425-8

Tseng, K. H., Chang, C. C., Lou, S. J., & Chen, W. P. (2013). Attitudes towards science, technology, engineering, and mathematics (STEM) in project-based learning.

International Journal of Technology and Design Education, *23*(1), 87–102.

Türk, E. F. (2023). *Eğitsel robot setleri ile gerçekleştirilen STEM etkinliklerinin ortaokul 5. sınıf öğrencilerinin matematik dersi başarılarına, problem çözme becerilerine ve STEM beceri düzeylerine etkisi*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Amasya Üniversitesi.

Uğur, V. (2023). *5E öğrenme modeline uygun tasarlanmış STEM uygulamalarına yönelik öğretmen adaylarının görüşleri*. [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Muş Alparslan Üniversitesi

Ummah, S. K., Inam, A., & Azmi, R. D. (2019). Creating manipulatives: Improving students' creativity through project-based learning. *Journal on Mathematics Education, 10*(1), 93102. https://doi.org/10.22342/jme.10.1.5093.93-102

Ünal, M., & Aksüt, P. (2021). 4-6 yaş çocuklarına etkinlik temelli STEM eğitiminin bilimsel süreç becerilerine etkisi. *Erken Çocukluk Çalışmaları Dergisi*, *5*(1), 109–134. https://doi.org/10.24130/eccd-jecs.1967202151290

van Wyk, L., Ramnarain, U., & Segun, O. (2025). The effects of inquiry-based learning on STEM-related career aspirations of Grade 9 students. *Research in Science Education*, 1-14.

Wang, M. T., & Degol, J. (2017). Gender gap in STEM: Current knowledge, implications, and future directions. *Educational Psychology Review*, *29*(1), 119-140.

White, D. W. (2014). What is STEM education and why is it important? *Florida Association of Teacher Educators Journal, 1*(14), 1-9.

Wilder, M., & Shuttleworth, P. (2005). Cell inquiry: A 5E learning cycle lesson. *Science Activities, 41*(4), 37-43.

Yıldırım, B. (2018). *Teoriden pratiğe STEM eğitimi: Uygulama kitabı*. Nobel Akademik Yayıncılık.

Yıldırım, B. & Selvi, M. (2017). STEM uygulamaları ve tam öğrenmenin etkileri üzerine deneysel bir çalışma. Eğitimde Kuram ve Uygulama, 13(2), 183-210. https://doi.org/10.17244/eku.310143

Yamak, H., Bulut, N., & Dündar, S. (2014). Effects of FeTeMM (STEM) activities on 5th graders' scientific process skills and attitudes. *Gazi University Journal of Gazi Educational Faculty*, *34*(2), 249-265.

Yuliati, L., Hapsari, A. A., Nurhidayah, F., & Halim, L. (2018). Building scientific literacy and physics problem-solving skills through inquiry-based learning for STEM education. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1108, No. 1, Article 012026). IOP Publishing.

Yıldız, S. & Özdemir, M. (2022). İlkokul öğrencilerinin problem çözme becerilerinin ve STEM'e yönelik tutumlarının incelenmesi. *Millî Eğitim Dergisi*, *51*(234), 987-1010.

Zhang, L., & Ma, Y. (2023). A study of the impact of project-based learning on student learning effects: A meta-analysis study. *Frontiers in Psychology*, *14*, 1202728.

Ortaöğretim Öğretmenleri için STEM Eğitimi Uygulamaları

Burçin ACAR ŞEŞEN Seda USTA GEZER

Selime DELİKTAŞ Okan SIBIÇ

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Hasan Ali Yücel Eğitim Fakültesi

Öz

Bilim ve teknoloji alanında yaşanan hızlı dönüşümler, ortaöğretim düzeyinde öğrenme ortamlarının da disiplinlerarası, beceri kazanımını destekleyen ve problem merkezli yaklaşımlar ile yapılandırılmasına yol açmışlardır. Bu dönüşümün önemli bir başlığı olan STEM eğitimi; öğrencilerin, mühendislik temelli düşünme becerileri başta olmak üzere eleştirel düşünme, problem çözme, iletişim gibi 21. yüzyıl becerilerini geliştirmede etkili bir yaklaşım olarak görülmektedir. Yapılan çalışmalar STEM uygulamalarının öğrencilerin bilim, matematik, teknoloji ve mühendislik disiplinleri arasındaki ilişkileri anlamlandırmalarına katkı sağladığını göstermektedir. Ancak, STEM eğitiminin Türkiye'deki ortaöğretim düzeyinde programlara sınırlı yansıdığı görülmektedir. Dolayısıyla, uygulama basamaklarının tüm yönleriyle ele alındığı öğretmenlere yönelik rehber materyallere, etkinliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bölümde, bu ihtiyaca yönelik Ortaöğretim Kimya Dersi "Tepkime Hızı" konusuna entegre edilebilecek ve öğretim programının

ISBN: 978-625-6276-47-5

zenginleştirme sürecine hizmet edecek mühendislik tasarım sürecine dayalı bir STEM etkinliği sunulmaktadır. Ortaöğretim düzeyinde geliştirilen örnek etkinlik ile öğretmenlerin sınıflarında STEM uygulamalarını gerçekleştirmeleri ve hatta kendi etkinliklerini geliştirmeleri için fırsat sağlayacağı düşünülmektedir. Hynes vd. (2011) tarafından geliştirilen mühendislik tasarım sürecine dayalı olan etkinlik, öğrencilerin kimyasal tepkime hızı, çözünme olgusu ve sindirim gibi kavramları disiplinlerarası bir tasarım problemi bağlamında anlamlandırmalarını destekleyecek biçimde yapılandırılmıştır. Etkinlik kapsamında farklı hasta gruplarının ihtiyaçlarına dayalı olarak farklı ilaç prototipleri geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu süreçte öğrencilerin, problemi tanımlamaları, ihtiyaç analizi yapmaları, kriter ve sınırlılıkları belirlemeleri, alternatif çözümler üretmeleri, tasarımlarını bilimsel gerekçelerle temellendirmeleri ve tasarladıkları prototiplerin uygunluğunu değerlendirerek sonuçlarını paylaşmaları sağlanmaktadır. Pilot uygulaması kimya öğretmenlerin katılımıyla gerçekleştirilen STEM etkinliğinin öğrenci seviyesine ve öğrenme çıktılarına uyumlu, kullanılan malzemeler açısından her sınıfta uygulanabilir olduğu belirlenmiştir. Bölümde sunulan ve tüm aşamaları detaylıca açıklanan STEM etkinliğinin ortaöğretim öğretmenlerine ve öğretmen adaylarına derslerine STEM'i entegre edebilmeleri açısından rehber olacağı, STEM alanındaki uygulamalı araştırmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

Giriş

Küresel ekonominin teknoloji tabanlı yapısının hızla geliştiği günümüzde, ortaöğretim kurumlarının öğrenenlere bilgi aktaran değil, çağın gerektirdiği yetkinlikleri kazandıran yapılara dönüşmeleri zorunlu hale gelmiştir. Bu noktada, bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik (STEM) eğitiminin önemi her geçen gün daha da artmaktadır (Zhou & Shirazi, 2025). STEM eğitimi, takım çalışması, iş birliği, problem çözme, iletişim ve yaratıcı düşünme gibi 21. yüzyıl becerilerini edinim fırsatı sunmakta ve öğrenenlerin edindikleri bilgileri becerilerle yoğurarak anlamlandırmalarına imkân sağlamaktadır (Mendoza, 2021; Owens & Hite, 2022; Whitney-Smith vd., 2022; Yıldız & Ecevit, 2024). National Research Council (NRC) (2012), K-12 bilim eğitimi çerçevesinde STEM'in kanıt temelli akıl yürütme ve disiplinlerarası iş birliğini güçlendirdiğini vurgulamakta, bu becerilerin karmaşık sorunlara yönelik sistematik yaklaşımları teşvik ettiğini belirtmektedir. Bybee (2013), öğrenme sürecine STEM entegrasyonunun merakı uyararak yaratıcı düşünme ve gerçek dünya uygulamalarını pekiştirdiğini tartışmakta, veri yorumlama ile prototip geliştirme süreçlerini ön plana çıkarmaktadır. Honey vd. (2014), ise etkili STEM programlarının bireylerin iletişim, adaptasyon ve takım çalışması becerilerini geliştirerek iş piyasası hazırlığını artırdığını beklediğini belirterek STEM eğitimlerinin profesyonel dünyadaki yerine vurgu yapmıştır. Benzer şekilde, STEM eğitiminin bir ulusun gelecekteki iş gücünü yetiştirmek ve ekonomik rekabet gücünü artırmak için umut verici bir yol olarak ön plana çıktığı da bilinmektedir (Gül vd., 2023). STEM alanlarının ekonomi için taşıdığı önemin farkında olan çok sayıda ulus, küresel rekabet güçlerini sürdürebilmek amacıyla

STEM eğitimini güçlendirmeye yönelik önemli çabalar sergilemektedir (Kennedy vd., 2014; UK Comission for Employment and Skills, 2015; National Science and Technology Council, 2018).

İş dünyasının ve ekonominin gelişimi ile her geçen gün ihtiyaç duyulan iş gücü değişim gösterse de STEM alanları bu değişimle birlikte daha da gelişmektedir. Bu nedenle, bireylerin genel, mesleki ve teknik alanlarda eğitimlerini sürdürdükleri, akademik ve kişisel gelişimlerinin en hızlı olduğu ve gelecekteki meslek seçimlerine yön verdikleri kritik bir dönem olan ortaöğretim düzeyinde STEM eğitimi her geçen gün daha da önemli hale gelmektedir. 14-18 yaş aralığındaki ortaöğretim öğrencilerinin, ergenlik döneminin önemli bir kısmını okulda geçirmeleri sebebiyle kariyer tercihlerinde okulda aldıkları dersler etkili olmaktadır (Dilmaç vd., 2007). Ülkemizde kariyer seçimi ile ilgili düşünceler/planlar özellikle 12. sınıfta daha da yoğunlaşmakta ve öğrenciler meslek seçimlerinde derslerde yaşadıkları zorlukların getirdiği önyargılar veya tutumlar sebebiyle hataya düşebilmektedirler. Bireyler ortaöğretime devam ederken yetenek, ilgi, istek ve tutumları doğrultusunda yönelecekleri meslekleri, bu meslekler ile ilgili ders seçimlerine karar vermelidir (Yılmaz & Gündüz, 2018). Mesleklere ait araştırmaların yapılması bireylerin meslek seçimine ilişkin daha net ve sağlıklı karar vermelerinde etkilidir (Dilmaç vd., 2007). Bu nedenle, ortaöğretim düzeyindeki STEM eğitimi bireylerin yükseköğretimde STEM alanlarında kariyer planlaması yapması için temel oluşturmaktadır (Obama, 2009). Bu kapsamda, ortaöğretim düzeyinde STEM eğitiminin durumunu doğru analiz ederek bireylerin kariyer planlamalarında STEM

alanlarına yönelmelerini sağlayacak çalışmalar gerçekleştirilmelidir.

Ortaöğretimde STEM Eğitimi ve Önemi

1990'lı yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde National Research Council tarafından SMET (science, math, engineering, technology) olarak ortaya çıkan STEM kavramı, 20. yüzyılın sonlarından itibaren sanayi, teknoloji ve bilgi toplumuna geçişle birlikte ortaöğretim düzeyinde giderek artan bir önem kazanmıştır (İdin, n.d.). Zamanla Avrupa ve Asya ülkelerinde de benimsenmiş ve özellikle 2000'li yılların başında Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) ve United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) raporlarında vurgulanan "21. yüzyıl becerileri" kapsamında STEM eğitimi ortaöğretim politikalarının merkezine yerleşmiştir (UNESCO, 2017; OECD, 2023). Günümüzde pek çok ülkede ortaöğretim düzeyindeki öğretim programları STEM entegrasyonunu farklı biçimlerde ele almaktadır. ABD'de Next Generation Science Standards (NGSS) ile mühendislik uygulamaları fen derslerinin doğal bir bileşeni olarak görülmekte, Almanya ve Finlandiya gibi ülkelerde ise uygulamalı projeler ve endüstri iş birlikleri aracılığıyla bireylerin gerçek yaşam problemleri üzerinde çalışması teşvik edilmektedir (NRC, 2012; European Schoolnet, 2020). ABD'de, STEM Eğitimi Komitesi'nin 2013 tarihli raporunda, "Geleceğin işleri STEM işleridir" ifadesi vurgulanmış ve STEM yeterliklerine sahip bireye olan ihtiyacın STEM mesleklerinin yanı sıra diğer meslek alanlarında da giderek arttığı belirtilmiştir (National Science and Technology Council [NSTC], 2013). Özellikle sanayiyi, toplumu ve eğitimi bambaşka bir boyuta taşıyan Sanayi 4.0 dönemi ile geleceğin

meslekleri Simülasyon, Yapay Zekâ ve Akıllı Sistemler, Sensörler, Artırılmış Gerçeklik, Endüstriyel İnternet, Robot ve Otomasyon, Eklemeli Üretim, Yatay/Dikey Entegrasyon, Büyük Veri ve Analizleri, Siber Güvenlik ve Bulut Bilişim Sistemleri alanlarına yayılmış durumdadır (Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği [TUSİAD], 2020). Bu yenilikçi meslek gruplarına yenilerinin ekleneceği de ön görülmektedir. Dolayısıyla sanayi 4.0 bileşenleri ile uyumlu mesleklere yönelik olarak eğitimin yeniden şekillendirilmesi önem taşımaktadır (Caprile vd., 2015; Çorlu vd., 2014). Bu doğrultuda, bireylerin gelecekteki rollerini ve mesleki yönelimlerini şekillendirdikleri kritik bir dönem olan ortaöğretim döneminde gelenekselleşmiş ders yapılarının terk edilerek disiplinlerarası öğretime geçilmesi, 21. yüzyıl becerilerinin ve özellikle öğrenme ve inovasyon becerilerinin kazandırılması için artık bir tercih değil, zorunluluk olarak görülmektedir (Battelle for Kids, 2019). Farklı disiplinlerin birbiriyle olan ilişkilerinin doğru kurgulandığı STEM eğitimi ile bireylerin kariyer farkındalıkları artmakta ve dolayısıyla doğru meslek seçimleri gerçekleşebilmektedir (Çepni, 2023). Dünyada STEM alanlarında yer alan mesleklerin gelişiminin büyük bir hızla devam etmesi de STEM eğitimine verilen küresel önemi göstermektedir. OECD (2018), "Education Indicators in Focus" adlı raporunda 2030 yılında OECD ve G20 ülkeleri arasında beklenen STEM mezunları oranlarını yayınlamış ve Çin ve Hindistan'ın ön sırada olduğu belirtilmiştir. ABD'nin ise öğrencileri STEM becerileriyle donatmak ve bu alanları geliştirmek amacıyla her yıl ortalama üç milyar dolar yatırım yaptığı rapor edilmiştir (Akgündüz & Ertepınar, 2015). Durum, Türkiye açısından değerlendirildiğinde ise beklenen STEM alanları mezunu oranı tüm mezuniyet alanlarının sadece %1,5'i oranındadır (OECD,

2018). Dolayısıyla Türkiye'nin STEM alanına daha fazla odaklanması gerektiği bir gerçektir. Bu noktada, özellikle akademik bilginin somut uygulamalara dönüşmesi ve kariyer bilincinin gelişmesi açısından oldukça kritik bir aşama olan ortaöğretim döneminde öğrencilerin edinecekleri tüm bilgi ve becerileri geliştirme noktasında STEM eğitimi büyük bir önem arz etmektedir (Akgündüz & Ertepınar, 2015).

Türkiye'de STEM kavramının yaygınlaşması büyük ölçüde 2014 yılında yayımlanan "STEM Eğitimi Türkiye Raporu" ile ivme kazanmıştır. Bu rapor STEM'in yalnızca bir öğretim yaklaşımı değil, aynı zamanda eğitim politikalarının geleceğini biçimlendirecek bir paradigma olarak görülmesi gerektiğini ortaya koymuştur (Akgündüz & Ertepınar, 2015). Türk Sanayicileri ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD)'nin 2014 yılında yayınlamış olduğu "2015-2019 Stratejik Planında" STEM'in güçlendirilmesine yönelik amaçlar vurgulanmıştır. Bunlara paralel olarak, Millî Eğitim Bakanlığı'nın (MEB) 2016–2018 "STEM Eğitimi Eylem Planı" ortaöğretim için önemli bir dönüm noktası olmuştur. Plana göre, ortaöğretim düzeyinde STEM laboratuvarlarının kurulması, öğretmenlere yönelik hizmet içi eğitimlerin düzenlenmesi ve pilot uygulama okullarında proje tabanlı öğrenme ortamlarının geliştirilmesi hedeflenmiştir (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2016). Aynı yıllarda TÜBİTAK tarafından desteklenen okul projeleri ve ulusal STEM kongreleri artış göstermiş, öğretmenler ve öğrenciler arasında STEM temelli yarışmalar (ör., TÜBİTAK 4004-4006, FIRST Robotics Competition, FIRST LEGO League, TÜBİTAK 2204-A Lise Öğrencileri Araştırma Projeleri Yarışması) aracılığıyla farkındalık güçlendirilmiştir (Çorlu vd., 2014; Baran vd., 2015; MEB, 2016).

Türkiye'de Ortaöğretim Düzeyindeki Öğretim Programlarında STEM

2015 yılına kadar STEM eğitimi kapsamında MEB'in hazırladığı stratejik bir eylem planına rastlanmamıştır. Bununla birlikte Fen Bilimleri dersi öğretim programına bakıldığında 2018 programında olduğu gibi güncel 2024 programında da STEM anlayışına olan yönelimin devam ettiği görülmektedir (Yalkın, 2024). Ancak bu yönelimin yoğun olarak temel eğitim düzeyinde ve fen bilimleri dersi odaklı olduğu göze çarpmaktadır. 2018 Fen Bilimleri Dersi Öğretim programında STEM eğitimine fen, mühendislik, girişimcilik uygulamalarına ve kazanımlardan bağımsız olarak bütün üniteleri kapsayacak şekilde STEM eğitimine yer verilmeye çalışıldığı görülmektedir (Hacıoğlu & Başpınar, 2020). Ancak, ortaöğretim düzeyine geçildiğinde durum farklılaşmaktadır. Tuncar (2019), ülkemizde ortaöğretime yönelik STEM eğitimine dair plan ve uygulamaların olmadığını, bazı ders içeriklerinin bu kapsamda düzenlenmiş olsa dahi okul türlerine göre STEM eğitimi planlaması yapılmadığını aktarmaktadır. 2024 yılında yenilenen lise öğretim programları incelendiğinde de becerilere odaklanıldığını ve kavramsal beceriler ile alan becerilerinin bazılarının aynı zamanda STEM becerileri olduğu göze çarpmaktadır (MEB, 2024a). Bununla birlikte, 2024 yılında ilk defa Tasarım Alan Becerileri (TSRMAB) kavramı ortaya çıkmış ve teknoloji tasarım, tasarım sürecinden başlamak üzere mühendislik, mimarlık, biyomimikri, görsel iletişim, pazarlama, bilgisayar destekli tasarımdan yapay zekâ uygulamalarına, STEAM eğitim yaklaşımından temel tasarım ilkeleri gibi farklı ama birbirini tamamlayan ve problem çözmeye dayalı bilgiyi inşa etme, sorgulama, araştırma, analiz etme anlama ve sentezleme becerilerini içeren süreç olarak tanımlanmıştır (MEB,

2024b). Ancak, ilgili becerilerin ortaöğretim derslerine ait öğretim programlarına yansımadığı görülmektedir. Bununla birlikte ortaöğretim düzeyinde STEM kavramı; Fizik, Kimya, Biyoloji ve Matematik programlarında STEM, FeTeMM, Mühendislik ve Tasarım ifadeleri ile öğrenme çıktılarında, yaşantılarda ve çoğunlukla zenginleştirme bölümlerinde kendini göstermektedir. 2024 yılı öğretim programları incelendiğinde STEM yaklaşımının en çok kullanıldığı öğretim programının Fizik dersine ait olduğu görülmektedir. Dalgalar, Optik ve Enerji ünitelerinde doğrudan öğrenme çıktılarında, Akışkanlar, Enerji, Elektrik ve Manyetizma, Madde ve Doğası, Kuvvet ve Hareket ünitelerinde ise zenginleştirme bölümlerinde STEM uygulamalarına yer verilmiştir. Matematik Dersi Öğretim Programında ise Nicelikler ve Değişimler ile Değişimin Matematiği temalarında STEM ele alınmaktadır. Kimya Dersi Öğretim Programında 9. sınıf düzeyinde Etkileşim, Çeşitlilik ve Sürdürülebilirlik, 10. sınıfta Sürdürülebilirlik, 11. sınıfta Etkileşim, 12. sınıfta ise Etkileşim ve Sürdürülebilirlik temalarında tasarım temelli uygulamalar zenginleştirme kısımlarında yer almaktadır. Diğer yandan, Biyoloji Dersi Öğretim Programında ne öğrenme çıktıları ne de öğretme-öğrenme uygulamaları kapsamında STEM'e yer verilmediği görülmektedir. Ortaöğretim ders programlarında STEM'e bu denli az yer verilmesi hem kariyer tercihi döneminde olan bireyler için hem de ülkemizin küresel ölçekte kendini gösterebilecek ekonomik gücü elde edebilmesi için ihtiyaç duyulan STEM meslek alanlarının seçimi için olumsuz bir durumdur. Ayrıca, akranlarına göre daha ileri düzeyde olan öğrenciler için tasarlanmış olan zenginleştirme yaşantılarında verilen STEM uygulamalarının okul ortamında gerçekleştirilmesi bir nevi öğretmen isteğine bırakılmıştır.

Bununla birlikte zenginleştirme bölümünde yer alan uygulamalar ders kitaplarında yer bulmadığından öğretmenler için yönergelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bölümde sunulan STEM uygulaması, öğretmenlerin ihtiyaçlarını karşılayabilmek için 11. sınıf Kimya Dersi Öğretim Programında yer alan Etkileşim Temasının zenginleştirme kısmında yer alan Kimyasal Tepkimelerde Hız konusu bağlamında ilaç tableti tasarımı ile ilişkilendirilmiştir. Bu bağlamda, öğretim programının uygulayıcısı öğretmenler için de yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Ortaöğretim Öğretmenleri ve STEM Eğitimi

STEM eğitiminin okullarda etkili bir şekilde uygulanması için öğretmenlerin yeterli bilgi, beceri ve deneyime sahip olmaları önemlidir. STEM eğitimi uygulamalarında öğretmenler, öğrencilerin öğrenme süreçlerinde rehber olmalı ve öğrencilerin öğrenme sürecinde kendi sorumluluklarını almalarına olanak sağlayarak öz becerilerini ve öğrenme deneyimlerini arttırmalıdır (Margot & Kettler, 2019). Ancak, STEM eğitimi konusunda öğretmenlerin yeterli donanıma sahip olması için gerekli olan mesleki gelişim programlarının eksikliği öğrencilerin de performanslarının istenildiği düzeyde olmasını engellemektedir (Ejiwale, 2013).

Dünyada öğretmenlerin STEM alanında deneyim kazanmalarına ilişkin pek çok çalışma yapılmakta, resmi olan ve olmayan kurumlarda öğretmen eğitimleri düzenlenmektedir. Ülkemizde de benzer durum söz konusu olmakla birlikte bu eğitimlerin genel olarak fen bilimleri öğretmenleri için gerçekleştirildiği göze çarpmaktadır. Pek çok üniversitenin sürekli eğitim merkezleri bünyesinde tüm öğretmenlerin

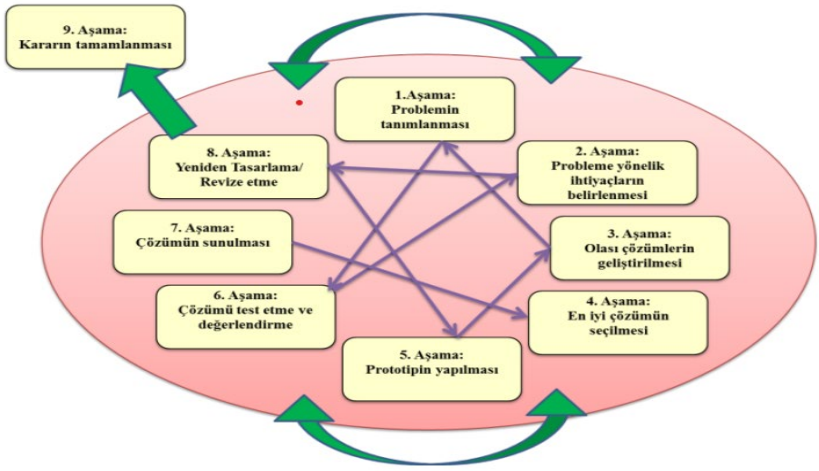
katılımına açık ücretli STEM Eğitici Eğitimi Sertifika Programları bulunmaktadır. MEB, Öğretmen Bilişim Ağı (ÖBA) üzerinden Bakanlığa bağlı okullarda çalışan öğretmenlere açık olan STEM Farklı Yaklaşımlar Eğitimi, STEM Uygulamaları Eğitimi ve Keşfet, Üret, Geliştir: Tüm Derslerde STEM Kursları düzenlemektedir. Bununla birlikte özellikle SCIENTIX projesi ile çok sayıda öğretmene çevrimiçi ve yüz yüze STEM eğitimi verilmeye devam edilmektedir. Ancak araştırmalar, STEM öğretmen eğitiminin yüksek oranda ortaokul fen bilimleri dersi ile ilişkilendirildiğini, ortaöğretim düzeyindeki öğretmenlerin STEM'i teorik olarak bilseler de uygulama düzeyinde yetersizlikler yaşadıklarını göstermektedir (Deligöz & Han Tosunoğlu, 2023). Bu bağlamda, ortaöğretim düzeyindeki öğretmenlerin de STEM uygulamalarını okullarında gerçekleştirecek örnek uygulamalara ve uygulamalı eğitimlere ihtiyaçları bulunmaktadır.

Ortaöğretim Düzeyinde Önerilen STEM Eğitimi Modelleri

Ortaöğretim düzeyine STEM yaklaşımını entegre edebilmek için alanyazında geliştirilen ve aktif olarak kullanılan bir takım pedagojik araç yer almaktadır. Bu araçlardan en popüleri Hynes vd. (2011) tarafından geliştirilen Mühendislik Tasarım Sürecidir (MTS)'dir.

MTS, öğrencilerin gerçek dünyadaki bir ihtiyaca veya soruna yönelik somut çözümler üretmek için kullandıkları sistematik ve yenilenebilir bir süreçtir. Bu süreç; problemi tanımlama, beyin fırtınası yaparak alternatif çözümler geliştirme, sınırlılıkları belirleme, prototip tasarlama, test etme ve test sonuçlarına göre prototipi yeniden iyileştirme adımlarını içermektedir (Hynes vd., 2011). Alanyazında tasarım sürecinin

K-12 düzeyinde nasıl öğretileceğine dair farklı pedagojik yaklaşımlar öne çıkmaktadır. Bu yaklaşımlardan Wendell (2014) tarafından geliştirilen model, özellikle erken yaş ve ortaokul kademelerinde, mühendislik tasarım sürecinin fen öğrenimiyle entegrasyonuna odaklanmaktadır. Wendell'in (2014) yaklaşımı, öğrencilerin temel bilimsel kavramları basit mühendislik tasarımları yoluyla keşfetmelerini sağlayan Sor, Hayal Et, Planla, Yarat, Geliştir şeklinde bir süreci takip eder. Hynes vd. (2011) ise mühendislik tasarımını sadece takip edilen adımlardan oluşan bir süreç olarak değil, aynı zamanda mühendislerin sahip olduğu "bilişsel uygulamalar" veya "zihinsel alışkanlıklar" bütünü olarak tanımlamaktadır. Hynes'in çerçevesi; sistem düşüncesi (bir değişikliğin tüm sistemi nasıl etkilediğini anlama), optimizasyon (mevcut kısıtlar dahilinde en iyi çözümü bulma), belirsizlikle başa çıkma, etik sorumluluk ve iş birliğine dayalı karar verme gibi daha karmaşık ve üst düzey zihinsel süreçlere vurgu yapar (Hynes vd., 2011). Şekil 1'de Hynes vd'nin (2011) geliştirdiği mühendislik tasarım süreci yer almaktadır.



***Şekil 1**. Mühendislik Tasarım Süreci (Hynes et al., 2011, s.9)*

Hynes vd. (2011) tarafından geliştirilen mühendislik tasarım sürecinin adımları:

1. Problemin Tanımlanması: Mühendislik tabanlı bir günlük yaşam problemi öğrencilere sunulur ve problemi tanımlamaları istenir. Problem durumu tanımlanırken, öğrencilerin kriter ve sınırlılıklara dikkat ederek problem tanımı yapmaları istenir.
2. Probleme Yönelik İhtiyaçların Belirlenmesi: Problemin çözümüne geçmeden önce öğrencilerin ihtiyaç analizi yapmaları istenir. Böylece öğrencilerin mevcut durum ile istenen sonuca ulaşmak için en iyi planlamayı yapabilmeleri sağlanır.
3. Olası Çözümlerin Belirlenmesi: Günlük hayatta var olan mühendislik problemlerinin birden fazla çözümü olması sebebiyle bu adımda öğrencilerin problem tanımlarına uygun çözümleri grup çalışması ile üretmeleri beklenir.

   Olası çözümleri üretirken mevcut kriter ve sınırlılıklara uygun olan, maliyet veya materyal bakımından gerekçelendirilen, çizimler yoluyla görselleştirilen birden fazla öneri üretmeleri beklenir.

4. En İyi Çözümün Seçilmesi: Öğrencilerin önceki aşamalarda belirledikleri problemi, ihtiyaç analizlerini, ürettikleri potansiyel çözümleri, kriter ve sınırlılıkları göz önünde bulundurarak en uygun çözümü seçmeleri beklenir.
5. Prototipin Yapılması: Bu aşamada, prototip nihai çözümün bir temsili olup fiziki bir üründür. Prototipin kabul edilebilir olması gerektiği için başarısız prototip üretildiğinde tekrar düzeltme imkânı olmalıdır. Prototipin tamamen bir çözüm olmasa da önerilen nihai çözüm için işlevsel olması önem arz etmektedir.
6. Çözümü Test Etme ve Değerlendirme: Üretilen prototipin test edilerek problem çözümüne, belirlenen kriter ve sınırlıklara uygun olup olmadığına karar verilir. Eksik veya hatalı kısımlar var ise gerekli düzenlemeler yapılır.
7. Çözümün Sunulması: Mühendislik tasarım sürecinde izlenen adımlar, toplanan veriler ve oluşturulan fiziki ürünler paylaşılmalıdır. Süreçte deneyimlenen zorluklar, belirlenen eksik veya hatalar kısacası tasarım sürecinin raporlaştırılması istenir. Ayrıca, literatür taraması ile raporların bilimsel bir boyutu olması gereklidir. Böylece, öğrenciler araştırma yapma, sunum yapabilme, iletişim ve girişimcilik becerilerini geliştirme imkânı bulurlar.

8. Yeniden Tasarlama/Revize Etme: Öğrenciler bu adımda başarılı veya başarısız oldukları noktalar hakkında düşünerek fikir paylaşımı yapar, mevcut eksikler ya da düzeltmeleri tamamlarlar.
9. Kararın Tamamlanması: Geliştirilen son prototipin ihtiyaçlarını karşılayıp karşılamadığını değerlendirdikten sonra prototipin son ürün olarak uygulamaya hazır olduklarına karar vermeleri gerekmektedir.

Ortaöğretim dönemi, öğrencilerin sadece temel süreçleri takip etmekle kalmayıp, karmaşık, birden fazla doğru cevabı olan ve iyi tanımlanmamış problemlerle başa çıkmaya hazırlandıkları bir evredir. Yapılan çalışmalar, lise düzeyindeki öğrencilerin, özellikle TÜBİTAK projeleri veya robotik yarışmaları gibi karmaşık projelerde, basitçe 5 adımlı bir süreci takip etmenin ötesine geçmeleri gerektiğini göstermektedir (Karataş & Erol, 2020). Bu açıdan bakıldığında, Wendell'in (2014) basitleştirilmiş modeli giriş seviyesi için değerli olsa da ortaöğretim öğrencilerinin bilişsel ve beceri gelişimini sağlamada yetersiz görünmektedir. Bu noktada, öğrencilere "mühendis gibi düşünmeyi" sağlayacak derinlikli bilişsel alışkanlıkları kazandırmak (Hynes, 2012) için Hynes vd.'nin (2011) mühendislik tasarım döngüsü ortaöğretim öğrencileri için daha uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla bölümde sunulan etkinlik Hynes vd. (2011) tarafından önerilen modele göre özgün olarak yapılandırılmıştır.

STEM Etkinliği

Öğretmen Yönergesi	
Etkinlik Adı:	İlacını Sen Tasarla!
Öğretim Seviyesi:	11. Sınıf Kimya Dersi
Konu:	Tepkime Hızı
Hedeflenen Öğrenme Çıktıları	
Bilim	KİM.11.1.7. Tepkime hızına etki eden faktörleri bilimsel sorgulayabilme a) Tepken cinsinin, fiziksel hâlin, tepken derişiminin, sıcaklığın, katı tepkenin temas yüzeyinin ve katalizörün tepkime hızına etkisine ilişkin araştırılabilir sorular oluşturur. b) İlgili değişkenlerin tepkime hızına etkisini belirlemek üzere hipotezler oluşturur. c) Tepken cinsinin, fiziksel hâlinin ve derişiminin, sıcaklığın, katı tepkenin temas yüzeyinin ve katalizörün tepkime hızına etkisine ilişkin bir deney planlar ve deneyi gerçekleştirir. d) Deney verilerini analiz ederek yorumlar. e) Deney sonuçlarını kullanarak her bir değişkenin tepkime hızına etkisini alt mikro seviyede açıklar. f) Tepkime hızına etki eden faktörleri çarpışma teorisi ile ilişkilendirir.
Teknoloji	• Gündelik hayatta karşılaştığı problemler için çözüm önerileri arar. • Verilen problem için uygun teknikleri kullanarak çözüm yolları önerir. • Verilen problem için uygun teknikleri kullanarak çözümü planlar. • Web tabanlı arama motorlarını kullanarak ileri düzeyde araştırma yapar. • Yapay zekâ teknolojisini etkili kullanarak deney tasarlar.

	• Bilgiyi güvenilir kaynaklardan araştırması gerektiğini fark eder. • Ulaştığı bilginin doğruluğunu farklı kaynaklardan sorgular.
Mühendislik	• Mühendislik problemini tanımlar. • Mühendislik tasarım sürecini takip ederek amaca uygun ilaç tableti ve kapsül prototipi tasarlar. • İlaç tableti ve kapsül prototipi tasarlarken kriterleri, sınırlılıkları göz önünde bulundurur. • Tasarladığı ilaç tableti ve kapsül prototipinin zayıf ve güçlü yönlerini belirleyerek prototipinde iyileştirme yapar.
Matematik	• Gerçek hayatta periyodik olarak tekrar eden durumları içeren problemleri çözer. • Gerçek hayatla ilgili veri toplar ve yorumlar. • Dairenin çevresiyle ilgili işlem yapar. • Uzunluk ölçme birimlerini bilir ve ilgili problemleri çözer. • Gerçek hayattan bir durumla ilgili veri toplar, ortalama değerini hesaplar.
21. yy	• İş birliği: Öğrenciler iş birliğine dayalı öğrenme gruplarında çalışırken fikir alışverişinde bulunur ve aynı zamanda görev dağılımı yaparak kendilerine verilen görevleri yerine getirir. • İletişim: Grup üyeleri, etkili iletişim kurarak birbirlerinin fikirlerine önem verir. • Yaratıcılık: Öğrenciler problem durumlarını belirleyerek fikir alışverişinde bulunurlar ve en uygun çözüm önerisinin prototip çizimini yaparak tasarımlarını gerçekleştirirler. • Problem çözme: Öğrenciler gerçek hayat problemlerinden yola çıkarak çözüm önerileri üretmeye çalışır.

	• Eleştirel Düşünme: Öğrenciler, farklı hasta gruplarının gereksinimlerini göz önünde bulundurarak ilaçların sahip olması gereken özellikleri tartışır ve geliştirilen ilaç prototipi tasarım sürecini eleştirel bir bakış açısıyla değerlendirir. • Girişimcilik: Öğrenciler tasarımlarının yenilikçi yönlerini belirleyip sağlık alanında uygulanabilir çözüm önerileri geliştirir.

Gerekli Malzemeler: Toz gıda boyası (renk takibi için), mısır nişastası, bal, şeker, karbonat, sitrik asit tozu (limon tuzu), farklı aromalar (örn; limon suyu), sodyum aljinat, kalsiyum klorür, balmumu, su, ısıtıcı, cımbız, beherglas, tablet kalıbı, hassas terazi, havan ve eli, kronometre, spatül

Öğrenme Ortamı:

Öğrencilerin çalışmaları etkin bir biçimde yürütebilmeleri için internet erişimine sahip bilgisayarların yanı sıra konuya ilişkin bilimsel kitap ve makalelerin sınıf ortamında hazır bulundurulması gerekmektedir.

Öğretmen için Uygulayıcı Notları:

Etkinlik 2024 yılından itibaren uygulanmaya başlanan Kimya Dersi Öğretim Programı 11. sınıf Enerji ve Kimyasal Tepkimelerde Hız konusu temelinde Farklılaştırma kapsamında Zenginleştirme Etkinliği olarak sınıflarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır. 2024 Kimya Öğretim Programında yer alan öğrenme yaşantısı "*İlaç kapsüllerinin kimyasal yapısı, sindirim sisteminde çözünme süreci, çözünme hızı, çözünme sırasındaki enerji değişimi ve etki mekanizmasına yönelik proje görevleri verilebilir. Proje görevi ile Kimyasal Tepkimelerde Hız konusu ele alınırken aynı zamanda sağlık ile ilgili kavramlar da kullanılır. Aynı kapsamda ilaç kapsüllerinin mide ya da bağırsakta çözünmesine yönelik tercihlerin neler olabileceği veya aynı organda çözünme hızını artırmak ya da azaltmak amacıyla kapsül tasarımı olarak neler yapılabileceği ile ilgili proje görevleri verilebilir. İlaç kapsülünün tasarım sürecinde mevcut yapay zekâ uygulamalarından destek alınabilir. Benzer proje ödevi ilaç tabletleri için de gerçekleştirilebilir. Kapsüllerle ilgili proje görevinden farklı olarak tablet şeklindeki ilaçların etken maddesinin miktarı ile diğer yan maddelerin (dağıtıcı madde, dolgu maddesi; bağlayıcı, kaydırıcı, topaklanmayı önleyici maddeler, aroma ve renk verici maddeler vb.) oranlarının belirlenmesi, yan maddelerin tepkime sürecindeki*

enerji değişimleri ve hıza etkileri, sağlık açısından etkileri ve bitkisel kökenli alternatiflerinin denenmesi konularında da projelerin yapılması sağlanabilir. Tabletlerin kimyasal bileşimini belirlemede ve etkilerine ilişkin öngörülerin tespitinde yapay zekânın özellikle makine öğrenmesinin kullanımı tercih edilebilir." şeklinde olup etkinlik bu kapsamda ele alınmaktadır. Etkinlik kapsamında öğrencilerin çözünme, tepkime, tepkime hızı, tepkime hızına etki eden faktörler, sindirim sistemi konularından yola çıkarak etken maddesi aynı olan ilaçların farklı hasta grubundaki bireylerin kullanımlarına uygun halde hazırlamaları amaçlanmaktadır. Bu süreçte, öğrencilerin biyomedikal mühendisi olarak ilaçların kimyasal yapısı, mide ve bağırsakta verdikleri tepkimeler dikkate alınarak tablet veya kaplanmış tablet tasarlamaları amaçlanmaktadır. Etkinlikte sunulan örnek tasarımlara ait malzemeler, ilaç yapım ve test aşamaları yönergede verilmiştir. Öğretmen isterse malzemeleri sınırlandırabilir, farklılaştırabilir ya da öğrencileri malzeme seçiminde serbest bırakabilir.
Etkinlik Uygulama Sürecine Giriş: Öğrencilere STEM problem senaryosu verilmeden önce derse hazırlık olarak öğretmen öğrencilere; - Ağızdan alınan ilaçların bazıları kapsül halinde bazıları tablet halindedir. Bunun sebebi sizce ne olabilir? - Kullandığınız ilaçların prospektüslerini inceler misiniz? Prospektüslerde genellikle hangi tür bilgiler yer alır? - Ağızdan alınan ilaçlar sindirim sistemi boyunca hangi yollardan geçer ve bu süreçte sizce ilaçlara ne olur? - Sindirim nasıl gerçekleşir? gibi sorular yönlendirir ve tartışma ortamı oluşturulur. Böylece öğrencilerin derse ve gerçekleştirilecek etkinliğe yönelik dikkat ve ilgileri artırılır.
Mühendislik Tasarım Süreci
1.Basamak: Problemin Tanımlanması "Mühendislik Tasarım Süreci Basamaklarından" "Problemin Tanımlanması" aşamasına geçmek için öğrencilerden "Öğrenci Çalışma Kağıdında" yer alan problem durumunu okumaları istenir.

Problem Durumu

Gelişim İlaç firmasında görev yapan değerli Biyomedikal Mühendisleri, farklı hasta gruplarına yönelik yeni ağrı kesici ilaç geliştirmeniz istenmektedir. Bu hasta grupları ve özellikleri aşağıda sunulmaktadır;

- A Grubu Hasta (Akut Hastalar): Migren atağı veya ani yaralanma gibi durumlarda, ilacın midede 2 dakikadan daha kısa sürede tamamen çözünerek çok hızlı etki etmesi gerekmektedir.
- B Grubu Hasta (Çoklu İhtiyaç Grubu): Bu grupta farklı ihtiyaçları olan kronik hastalar bulunmaktadır:
  - B1 - Mide Koruma: Midesi hassas hastalar için ilacın mide asidinden etkilenmeden geçip, sadece bağırsakta çözünmesi gerekir. Bu grup hastalar için ilaçların midede 2 dakika tepkimeye girmemesi ve ardından bağırsakta çözünmesi gerekir.
  - B2 - Yavaş Salım: Gün boyu sabit etki için ilacın hem midede hem de bağırsakta çok yavaş tepkime vermesi gerekir. Bu grup hastaları için ilaçların midede 2 dakikadan daha kısa sürede yalnızca sınırlı miktarda çözünmesi, asıl çözünme sürecinin ise bağırsakta yavaş ve kademeli olarak tamamlanması hedeflenir.
  - B3 - Tat Maskeleme: İlacın belirgin derecede acı bir tada sahip olması nedeniyle, yutma güçlüğünü azaltmak amacıyla tadının etkili biçimde maskelenmesi gerekmektedir.

Göreviniz, farklı hasta gruplarının ihtiyaçlarına yönelik prototip ilaçlar tasarlamak ve test etmektir. Tasarımlarınızda, ilaçların çözünme hızını ve çözündüğü ortamı (mide veya bağırsak) kontrol etmek için farklı kimyasal maddeler (yardımcı maddeler) ve üretim teknikleri kullanmalısınız. A Grubu Hastalar için hızlı çözünmeyi sağlayacak bir efervesan (sıvı içerisinde hızla çözünerek karbondioksit gazı çıkaran) tablet formülasyonu, B Grup Hastalar için ise etken maddesi aynı olan ancak bu gruptaki farklı ihtiyaçları olan kronik hastalara göre farklılaşan kaplama tekniği ile tasarımlarınızı yapmalısınız. Prototipleriniz için etken madde olarak gıda boyası, mısır nişastası, karbonat ve limon tuzu, bal vb. malzemeler kullanabilirsiniz. İlaçların amaca uygun olarak kaplanabilmesi için sodyum aljinat, kalsiyum klorür, balmumu, pudra şekeri, bitkisel jelatin, jöle vb. malzemeler

kullanabilirsiniz. Çalışmalarınızı büyük bir titizlikle yapmanızı ve hazırladığınız prototiplerin tasarım aşamasını, test verilerini ve bilimsel gerekçelerinizi içeren bir görsel bir sunum hazırlayarak şirket yönetimine sunmanız talep edilmektedir.

Öğrenciler, iş birliğine dayalı öğrenme grup çalışmasına yönlendirilir ve amaca uygun ilaç tasarımında sistematik mühendislik tasarım aşamalarının kullanıldığı hatırlatılır. Bu aşamada, öğrencilerin bilişsel durumları ve ders süresi gibi faktörler dikkate alınarak tüm öğrencilerin A grubu hastalar için ilaç tasarlamaları, B grubu hastaları için ise farklı ihtiyaçları olan kronik hastalara uygun ilaçların birini ya da birkaçını tasarlamaları istenebilir. Öğrencilerle amaca uygun ilaç tasarlarken izlemeleri gereken aşamalar tartışılır ve süreç öğretmen tarafından aşağıdaki gibi özetlenebilir;

(1) Hangi hasta grubu için ilaç tasarlanacağının belirlenmesi
(2) Çalışma ilkelerini belirlemek amacıyla araştırma yapılması.
(3) Her hasta grubu için hangi malzemelerin hangi amaçla kullanılacağının belirlenmesi
(4) Her hasta grubu için alternatif ilaç tasarımlarının belirlenmesi
(5) Her hasta grubu için tasarlanan ilaç tasarımları değerlendirilerek uygun çözüme karar verilmesi

Öğrencilerin problemi tanımlamaları için "*Size verilen görevdeki problemi kendi cümlelerinizle ifade ediniz*" yönergesi verilerek yanıtlarını Öğrenci Çalışma Kağıdına yazmaları istenir. Öğrencilerin; "Her bir hasta grubu için uygun ilaç prototipi nasıl tasarlanır?" problemini belirlemeleri sağlanır.

2.Basamak: *Probleme Yönelik İhtiyaçların Belirlenmesi*

Öğrencilerin mevcut bilgilerini ortaya çıkarmak ve süreci doğru yönlendirebilmek amacıyla "*Problemi çözebilmek için problem durumuyla ilgili bildikleriniz ve öğrenmeye ihtiyaç duyduğunuz konuları çalışma kağıdında bulunan aşağıdaki tabloya yazınız*" yönergesi verilir. Öğrenci yanıtlarına göre öğretmen süreci yönetir.

Ne biliyorum? (Olası Yanıtlar)	Neyi öğrenmeye ihtiyacım var? (Olası yanıtlar)

	Çözünme Çözünürlük Tepkime Tepkime Hızı Sindirim sistemi	İlaç emilimi Mide sıvısının kimyasal özellikleri Midede gerçekleşen sindirim olayı Bağırsağın özellikleri Bağırsakta gerçekleşen sindirim olayı

Öğrencilerin öğrenmeye ihtiyaç duydukları konuları araştırmaları istenir. Bu süreçte özellikle "Öğrenci Çalışma Kağıdında yer alan "*Ağızdan alınan ilaçların emilimi ve kana geçişleri nasıl olur?, Neden bazı ilaçlar tablet, bazıları kapsül halindedir?, Midesi hassas olan kişilerin bazı ilaçları içerken mide koruyucu başka ilaçları da içme nedenleri ne olabilir?, Midede çözünen ilaçların özellikleri nedir?, Bağırsakta çözünen ilaçların özellikleri nedir?, Enterik kaplama nedir?, Problem durumunda yer alan gıda boyası, mısır nişastası, karbonat ve limon tuzu, sodyum aljinat, kalsiyum klorür, balmumu, kakao yağı, şeker, bitkisel jelatin, jöle vb. malzemelerin kimyasal yapısı nedir ve ilaç yapımında nasıl kullanılır?*" sorularını araştırmaları ve yanıtlarını ilgili yerlere yazmaları istenir. Öğrencilerin araştırmaları için internet bağlantısına sahip bilgisayarlar ve sınıf ortamında sunulan bilimsel yayınları kullanmaları sağlanır. Bu süreçte öğretmen, ilaç tasarımına ilişki farklı yönlendirici sorular sorabilir. Öğrenciler araştırmalarında yapay zekâ araçlarından da yararlanabilir. Öğrencilerin yapay zekâ uygulamalarına uygun ve doğru komut verip vermedikleri öğretmen tarafından denetlenebilir. Bu süreçte özellikle bilgilerin doğruluğunu farklı kaynaklardan da araştırma yaparak teyit etmeleri istenir. Araştırma tamamlandıktan sonra öğrencilerin araştırma bulgularını Öğrenci Çalışma Kağıdındaki ilgili boşluklara yazmaları sağlanır.

3. Basamak: Olası Çözümlerin Belirlenmesi

Problemin çözümüne yönelik çalışan öğrencilere mühendislerin kriter ve sınırlılıkları dikkate alarak prototip tasarladıklarından bahsedilir. Öğrencilere her bir hasta grubu için ilaç tasarlarken nelere dikkat edecekleri sorulur. Bu süreç aynı zamanda hipotez kurma olarak da ele alınmalıdır. Tasarlayacakları ilaçlar için belirledikleri kriter ve sınırlılıkları "Öğrenci Çalışma Kağıdında" yer alan tabloya yazmaları sağlanır.

Kriterler	Sınırlıklar
- A Grubu Hastalar için tasarlanan ilacın midede en çok 2 dakikada çözünmesi - Yutulabilir boyutta olması - B1 Grubu Hastalar için ilacın mide asidinden etkilenmeden geçip, sadece bağırsakta çözünmesi - B2 Grubu Hastalar için ilacın hem midede hem de bağırsakta çok yavaş çözünmesi - B3 Grubu Hastalar için ilacın acı tadının yok edilmesi	- İlaç maliyeti üst sınırının 100 TL olması - Verilen malzemeler - Mide ve bağırsak için yaratılan ortam

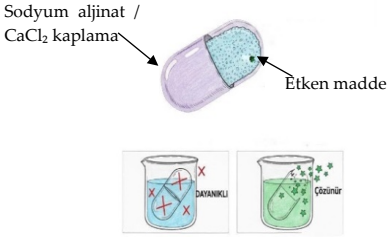
Öğrencilerden belirledikleri kriter ve sınırlıklara dayalı olarak alternatif ilaç tasarımlarının boyut ve şekillerini "Öğrenci Çalışma Kağıdındaki alana çizmeleri istenir. Öğrenciler, çizimlerinde yapay zekâ uygulamalarından yararlanırlarsa komutlarını ayrıca yazmaları istenmelidir.

Örnek Çizimler (Örnek çizimler, yapay zekâ uygulamalarından Gemini ile yapılmış ardından yazar tarafından düzenlenmiştir.)

A Grubu Hastalar için
Mide ortamında 5 dakikadan kısa sürede



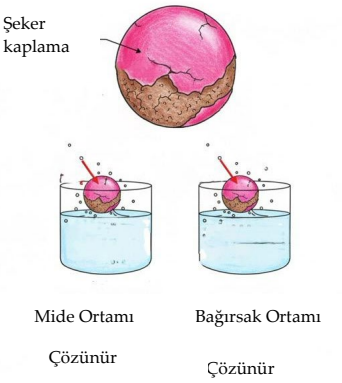
B1 Grubu Hastalar için
Mide ortamında çözünmeyen, bağırsak ortamında çözünen ilaç



B2 Grubu Hastalar için
Hem midede hem de bağırsakta çok yavaş çözünerek yavaş salınımı olan ilaç



B3 Grubu Hastalar için
tadın etkili bir şekilde maskelendiği ilaç



Öğrenciler, tasarımların her biri için hangi malzemeleri hangi amaçlarla kullanacaklarını belirlemeleri, maliyet hesabı yapmaları ve ardından "Öğrenci Çalışma Kağıdında" yer alan tabloyu doldurmaları istenir.

Farklı Hasta Grupları için İlaç Tasarımı			
A Grubu Hastalar için	Kullanılan Malzeme	Gerekçe	Maliyet
	Karbonat	Dağıtıcı roldedir. Sitrik asit ile tepkime vererek etken maddenin hızlı dağılımını sağlar.	
	Sitrik Asit	Dağıtıcı roldedir. Sodyum bikarbonat ile tepkime vererek etken maddenin hızlı dağılımını sağlar.	
	Mısır Nişastası	Dolgu/Bağlayıcı roldedir. Tabletin bir arada tutulmasını sağlar.	
	Toz Gıda Boyası	Etken madde rolünde olup ilaç dağılımını gözlemlemek için kullanılır.	
B1 Grubu	Karbonat	Dağıtıcı roldedir. Sitrik	

	Hastalar için		asit ile tepkime vererek etken maddenin hızlı dağılımını sağlar.		
		Sitrik Asit	Dağıtıcı roldedir. Karbonat ile tepkime vererek etken maddenin hızlı dağılımını sağlar.		
		Mısır Nişastası	Dolgu/Bağlayıcı roldedir. Tabletin bir arada tutulmasını sağlar.		
		Toz Gıda Boyası	Etken madde rolünde olup ilaç dağılımını gözlemlemek için kullanılır.		
		Sodyum Aljinat / $CaCl_2$	Kaplamanın asidik ortamda çözünmeyerek dayanıklı olması ve bazik ortamda çözünmesi için kullanılır.		
	B2 Grubu Hastalar için	Karbonat	Dağıtıcı roldedir. Sitrik asit ile tepkime vererek etken maddenin hızlı dağılımını sağlar.		
		Sitrik Asit	Dağıtıcı roldedir. Karbonat ile tepkime vererek etken maddenin hızlı dağılımını sağlar.		
		Mısır Nişastası	Dolgu/Bağlayıcı roldedir. Tabletin bir arada tutulmasını sağlar.		
		Toz Gıda Boyası	Etken madde rolünde olup ilaç dağılımını gözlemlemek için kullanılır.		
		Balmumu (kakao yağı vb.)	Kaplamanın asidik ve bazik ortamlara kısmen dayanıklı olup çözünmeyi yavaşlatmak için hidrofobik özelliğinden		

		dolayı kullanılır.	
B3 Grubu Hastalar için	Karbonat	Dağıtıcı roldedir. Sitrik asit ile tepkime vererek etken maddenin hızlı dağılımını sağlar.	
	Sitrik Asit	Dağıtıcı roldedir. Karbonat ile tepkime vererek etken maddenin hızlı dağılımını sağlar.	
	Mısır Nişastası	Dolgu/Bağlayıcı roldedir. Tabletin bir arada tutulmasını sağlar.	
	Toz Gıda Boyası	Etken madde rolünde olup ilaç dağılımını gözlemlemek için kullanılır.	
	Şeker	Etken maddenin acı tadını baskılamak için tablet kaplamada kullanılır.	
	Tat aroması	Etken maddenin acı tadını baskılamak için kullanılır.	

4. Basamak: En İyi Çözümün Seçilmesi

Öğrencilerin alternatif olarak çizimlerini yaptıkları, kullanacakları malzemeleri ve gerekçelerini belirledikleri tasarımlardan en uygun olanını kriterler ve sınırlılıkları dikkate alarak seçmeleri istenir. Bu tercihlerinin nedenlerini bilimsel kanıtlarla "Öğrenci Çalışma Kağıdına" yazmaları istenir. Bu süreçte, kimyasal tepkimeleri düşünmeleri ve ilaç tasarım aşamalarını kimyasal tepkime, çarpışma teoremi ve kimyasal tepkime hızı kavramlarını dikkate almaları istenir. Ayrıca, alt mikro düzeyde tepkimelerin nasıl gerçekleştiğini açıklamaları sağlanır.

***5.** Basamak: Prototipin Yapılması*

Öğrencilerin farklı hasta grupları için en iyi çözüm olarak nitelendirdikleri ilaç tasarımlarının prototipini yapmaları sağlanır. Yapım sürecinin aşamalarının "Öğrenci Çalışma Kağıdına" yazılması istenir.

Tasarımlarını yaparken mümkün ise yapım aşamalarını fotoğraflamaları istenir.

Mide Ortamı yaratmak için sirke kullanılır. pH 1-2 arasında ortam oluşturulur.
Bağırsak Ortamı yaratmak için suyun içine karbonat ilave edilir. pH 8-9 arasında ortam oluşturulur.

A Grubu Hastalar İçin İlaç Tasarımı

Amaç: Mide ortamında 2 dakikadan kısa sürede çözünen bir tablet üretmek.

Malzemeler:

- Etken Madde: Toz gıda boyası
- Dolgu/Bağlayıcı Maddeler: Mısır nişastası
- Dağıtıcı: Karbonat) + Sitrik asit tozu (limon tuzu) karışımı
- Tablet kalıbı, hassas terazi, havan ve eli, beherglas (2 adet), kronometre, spatül

Yapılışı:

1. Formülü Belirleme: Bu süreçte öğrenci farklı oranlar belirleyebilir. Önemli olan çözünme hızını ve ilaç büyüklüğünü doğru ayarlamaktır. Örnek olarak 1 gram ilaç hazırlanacaksa eser miktarda toz gıda boyası, 0.6 g nişasta, 0.2 g karbonat, 0.2 g limon tuzu hassas terazide tartılır.
2. Malzemeler havanda homojen şekilde karıştırılır.
3. Karışım tablet kalıbında sıkıştırılır ve bir araya getirilerek tablet şekli verilir. Tablete elle de şekil verilebilir.

B1 Grubu Hastalar İçin İlaç Tasarımı

Amaç: Midesi hassas hastalar için mide asidinden etkilenmeden geçip, bağırsakta çözünen bir ilaç üretmek.

Malzemeler:

Tablet madde için;

Etken Madde: Toz gıda boyası

Dolgu/Bağlayıcı Maddeler: Mısır nişastası

Dağıtıcı: Karbonat) + Sitrik asit tozu (limon tuzu) karışımı

- Tablet kalıbı, hassas terazi, havan ve eli, beherglas (2 adet), kronometre, spatül

Kaplama için;

- Sodyum aljinat, Kalsiyum klorür, cımbız, beherglas.

Yapılışı:

Tablet Madde İçin;

- Formülü Belirler. Bu süreçte öğrenci farklı oranlar belirleyebilir. Önemli olan çözünme hızını ve ilaç büyüklüğünü doğru ayarlamaktır. Örnek olarak 1 gram ilaç hazırlanacaksa eser miktarda toz gıda boyası, 0.6 g nişasta, 0.2 g karbonat, 0.2 g limon tuzu hassas terazide tartılır.
- Malzemeler havanda homojen şekilde karıştırılır.
- Karışım tablet kalıbında sıkıştırılır ve bir araya getirilerek tablet şekli verilir. Tablete elle de şekil verilebilir.

Kaplama için;

- 1.5 g sodyum aljinat tartılır ve 100 mL su bulunan behere ilave edilir. Çözünme beher ısıtıcıya alınır ve 40–50°C arasında çözünme tamamlanınca ısıtıcıdan alınır.
- 1.47 g $CaCl_2$ tartılır ve 100 mL su içinde çözünmesi sağlanır.

İlaç Yapımı;

- Tablet cımbız yardımıyla sodyum aljinat çözeltisine 3 saniye kadar batırılıp çıkarılır.
- Hemen $CaCl_2$ 5 saniye batırılır.
- Yüzeydeki jel tabakası oluşumu gözlemlenir.
- Kaplanmış ilaç tasarımı yağlı kâğıt üzerine bırakılır ve birkaç dakika içinde kaplamanın sertleşmesi beklenir.
- Daha kalın bir kaplama için tablet iki çözeltiye art arda birkaç kez batırılabilir.

B2 Grubu Hastalar İçin İlaç Tasarımı

Amaç: Gün boyu sabit etki için hem midede hem de bağırsakta çok yavaş çözünerek yavaş salınımı olan bir ilaç üretmek.

Malzemeler:

Tablet madde için;

Etken Madde: Toz gıda boyası

- Dolgu/Bağlayıcı Maddeler: Mısır nişastası
- Dağıtıcı: Karbonat + Sitrik asit tozu (limon tuzu) karışımı
- Tablet kalıbı, hassas terazi, havan ve eli, beherglas (2 adet), kronometre, spatül

Kaplama için;

- Balmumu ya da kakao yağı, ısıtıcı, cımbız, beherglas. (Balmumu yerine kakao yağı vb. hidrofobik özelikteki farklı malzemeler de kullanılabilir.

Yapılışı:

Etken Madde İçin;

- Formülü Belirler. Bu süreçte öğrenci farklı oranlar belirleyebilir. Önemli olan çözünme hızını ve ilaç büyüklüğünü doğru ayarlamaktır. Örnek olarak 1 gram ilaç hazırlanacaksa eser miktarda toz gıda boyası, 0.6 g nişasta, 0.2 g karbonat, 0.2 g limon tuzu hassas terazide tartılır.
- Malzemeler havanda homojen şekilde karıştırılır.
- Karışım tablet kalıbında sıkıştırılır ve bir araya getirilerek tablet şekli verilir. Tablete elle de şekil verilebilir.

Kaplama için;

- Balmumu su banyosunda yavaşça eritilir.
- Kakao yağı kullanılacaksa doğrudan kullanılır.

İlaç Yapımı;

- Tablet cımbız ile tutularak erimiş balmumuna ya da kakao yağına hızlıca daldırılıp çıkarılır.
- Kaplanmış tablet yağlı kâğıt üzerine bırakılarak donması beklenir.
- Daha kalın bir kaplama için tablet erimiş balmumunda daha uzun süre batırılabilir.

B3 Grubu Hastalar İçin İlaç Tasarımı

Amaç: Yutmayı kolaylaştırmak amacıyla ve tat hassasiyeti olan insanlar için acı tadın etkili bir şekilde maskelendiği ilaç üretmek.

Malzemeler:

Tablet madde için;

- Etken Madde: Toz gıda boyası
- Dolgu/Bağlayıcı Maddeler: Mısır nişastası
- Dağıtıcı: Karbonat + Sitrik asit tozu (limon tuzu) karışımı
- Tablet kalıbı, hassas terazi, havan ve eli, beherglas (2 adet), kronometre, spatül

Kaplama için;

- Şeker, su, cımbız, farklı aromalar (örn; limon suyu)

Yapılışı:

Etken Madde İçin;

- Formülü Belirler. Bu süreçte öğrenci farklı oranlar belirleyebilir. Önemli olan çözünme hızını ve ilaç büyüklüğünü doğru ayarlamaktır. Örnek olarak 1 gram ilaç hazırlanacaksa eser miktarda toz gıda boyası, 0.6 g nişasta, 0.2 g karbonat, 0.2 g limon tuzu hassas terazide tartılır.
- Malzemeler havanda homojen şekilde karıştırılır.
- Karışım tablet kalıbında sıkıştırılır ve bir araya getirilerek tablet şekli verilir. Tablete elle de şekil verilebilir.

Kaplama için;

- Şeker, su, aroma kullanılarak derişik bir şeker şurubu hazırlanır.

İlaç Yapımı;

- Tablet cımbız ile tutularak şeker şurubuna daldırılıp bir süre beklenir.
- Kaplanmış tablet yağlı kâğıt üzerine bırakılarak donması beklenir.
- Daha kalın bir kaplama için tablet şeker şurubuna daha uzun süre batırılabilir.

Verilen ilaç tasarımları öğretmenlere rehberlik etmek için hazırlanmıştır. Bitkisel jelatin, jöle, agar-agar, nişasta gibi farklı malzemeler kullanılarak deneyler çeşitlendirilebilir. Ayrıca öğrenciler, yapmış oldukları araştırmalardan yola çıkarak farklı formüller oluşturabilir.

6. Basamak: Çözümü Test Etme ve Değerlendirme

Öğrencilerin prototiplerini belirledikleri kriterler ve sınırlılıklara uygun olarak tasarlayıp tasarlamadıklarını test etmeleri ve "Öğrenci Çalışma Kâğıdı"nda

yer alan ilgili boşluğa yazmaları sağlanır. Bunun için gruplara mide ortamını simüle edilmesi için sirke, bağırsak ortamının simüle edilebilmesi için karbonatlı su ve ihtiyaçları kadar beher verilir. Gruplar prototiplerini ilgili ortamlarda test eder. A Grubu hastalar için tasarlanan ilaç prototipleri doğrudan mide ortamına atılır ve en fazla 2 dakika zamana dayalı olarak çözünme süreci gözlemlenir. B Grubu hastalar için ise kaplanmış tablet mide ortamına yavaşça atılır ve kronometre çalıştırılarak 2 dakika boyunca gözlemlenir, kaplamanın bozulup bozulmadığını not alınır, tabletin bozulmayan kısmı dikkatlice bir kaşık yardımıyla mide ortamından bağırsak ortamına aktarılır. Kronometre çalıştırılarak zamanla kaplama ve etken maddedeki değişimler gözlemlenerek not alınır. Her tasarım için üç ölçüm alınarak ortalama çözünme süreleri hesaplanır. Böylece bilimsel hataların nispeten önüne geçilmiş olunur.

7. Basamak: Çözümün Sunulması

Öğrencilerden, prototipini oluşturdukları ilaçların başarılı ve başarısız yönlerini kimyasal tepkime, çarpışma teoremi ve kimyasal tepkime hızı bağlamında değerlendirmeleri ve bilimsel bir dille "Öğrenci Çalışma Kağıdına" yazmaları sağlanır. Kendilerine verilen problem durumu ile kriter ve sınırlılıklara uygun geliştirdikleri prototipi tasarlama sürecine dair bir rapor hazırlamaları istenir. Öğrencilerin, raporlarını hazırlarken kendi tasarımlarının en iyi bir tasarım olarak seçilmesi ve prototiplerinin ilaç firması tarafından amaca uygun olarak tercih edilmesini sağlayacak şekilde tanıtım sunumlarını da hazırlamaları istenir. Sunumlarında ise süreci olduğu gibi, olumlu ve olumsuz yönleri ile yansıtmaları söylenir.

8. Basamak: Yeniden Tasarlama/Revize Etme

Tüm gruplar sunumlarını tamamladıktan sonra, öğrencilere "Prototipinizi yeniden tasarlamak ister misiniz?" sorusu sorulur. Prototiplerini iyileştirmek isteyenler veya yeniden tasarlamak isteyenler için yeniden tasarlama sürecine yönelik beyin fırtınası yapmaları sağlanır. Bu kısımda, tamamlanan tasarımları tekrar düzenlemek isteyen öğrenciler veya tasarımını tamamlayamamış öğrenciler gerekli düzenlemeleri yapmak üzere yönlendirilirler.

9. Basamak: Kararın Tamamlanması

Son hali ile grupların tasarladıkları prototiplerin ihtiyaçları karşılayıp karşılamadığına dair bir değerlendirme yapmaları sağlanır. Bunun için "Prototipiniz ilaç firması tarafından talep edilen tasarım gereksinimlerini karşılıyor mu? Sizce prototipiniz firmada satışa çıkmak üzere fabrikasyon

sürecine girebilir mi? Son kararınızı kısa ve net olarak belirtiniz.” şeklindeki soruyu yanıtlamaları sağlanır.

İlacını Sen Tasarla! Etkinliği Değerlendirme Cetveli

Değerlendirme Ölçütü	4 - Mükemmel	3 - İyi	2 - Geliştirilebilir	1 - Yetersiz
Problemi Tanımlama ve İhtiyaç Analizi	Problemi açık, bilimsel ve mühendislik açısından doğru tanımlar; ihtiyaçları doğru analiz eder.	Problemi genel hatlarıyla tanımlar, bazı ihtiyaçları fark eder.	Problemi yüzeysel tanımlar, ihtiyaçların çoğunu gözden kaçırır.	Problemi tanımlamakta ve ihtiyaçları belirlemede zorlanır.
Bilimsel Araştırma	Kaynakları etkili kullanır, bilgiyi doğru sentezler.	Araştırma yapar, bilgiyi genel hatlarıyla sentezler.	Bilgiyi sınırlı kullanır, araştırma yüzeyseldir.	Bilimsel bilgiyi yanlış veya eksik kullanır.
Kriter ve Sınırlılıkların Belirlenmesi	Kriter ve sınırlılıkları açık, ölçülebilir ve uygulanabilir şekilde belirler.	Kriter ve sınırlılıkları kısmen açık ve uygulanabilir şekilde belirler.	Kriter veya sınırlılıkları olarak belirler.	Kriter/sınırlılık yoktur veya hatalıdır.
Tasarım Fikirlerinin Geliştirilmesi	Alternatif tasarımlar, işlevsel ve bilimsel olarak ifade edilmiştir.	Alternatif tasarımlar işlevseldir; fakat bilimsel temeli zayıftır.	Alternatif tasarımlar yetersizdir.	Alternatif tasarımlar tek tip, yüzeysel veya hatalıdır.
Malzeme Seçimi ve Gerekçelendirme	Malzemeler bilimsel gerekçelere dayalı seçilmiştir, maliyet analizi uygundur.	Malzeme seçimi mantıklıdır, gerekçeler geneldir.	Malzeme seçimi kısmen uygun, gerekçeler zayıftır.	Malzeme seçimi uygunsuz veya gerekçesizdir.
Prototip Geliştirme ve Uygulama	Prototip sağlam, işlevsel ve verilen kriterlerle tam uyumludur.	Prototip işlevseldir ancak bazı kriterlerde eksiklik vardır.	Prototip çalışır; fakat beklenen kriteri karşılamamaktadır.	Prototip tamamlanmamış ve beklenen kriteri karşılamamaktadır.
Test Etme ve Verilerin Analizi	Test süreci sistematik yürütülmüş, veriler doğru kaydedilmiş ve analiz edilmiştir.	Test süreci yürütülmüş, veriler genel olarak doğru analiz edilmiştir.	Test süreci sınırlı, analiz yüzeyseldir.	Test yapılmamış veya yanlış yürütülmüştür.
Bilimsel Gerekçelendirme (Kimyasal Tepkime, Çarpışma Teorisi)	Açıklamalar doğru, alt-mikro düzeyde ve bilimsel olarak tutarlıdır.	Açıklamalar genelde doğru, detay sınırlıdır.	Açıklamalar yüzeyseldir veya kısmen yanlıştır.	Açıklamalar yanlış veya eksiktir.
Sunum ve Raporlama Becerisi	Rapor ve sunum açık, bilimsel dilde, sistematik ve ikna edicidir.	Sunum anlaşılır, bazı bölümler eksiktir.	Sunum veya rapor zayıf düzenlenmiştir.	Sunum ve rapor eksik veya düzensizdir.
Yeniden Tasarlama ve Yansıtma	Eleştirel düşünme ile güçlü/zayıf yönleri belirleyip etkili yeniden tasarım önerir.	Yeniden tasarım önerileri makuldür.	Yeniden tasarım sınırlıdır.	Yeniden tasarım önerisi yoktur.

Puanlama: Her ölçüt 1–4 arasında puanlanır. Toplam Puan = (Alınan Puan / 40) × 100
90–100: Üst düzey, 70–89: Yeterli, 50–69: Geliştirilebilir, 0–49: Yetersiz

“İlacını Sen Tasarla!” Etkinliği
Öğrenci Çalışma Kâğıdı

..... Takımı

Problem Durumu

Gelişim İlaç firmasında görev yapan değerli Biyomedikal Mühendisleri, farklı hasta gruplarına yönelik yeni ağrı kesici ilaç geliştirmeniz istenmektedir. Bu hasta grupları ve özellikleri aşağıda sunulmaktadır;

- A Grubu Hasta (Akut Hastalar): Migren atağı veya ani yaralanma gibi durumlarda, ilacın midede 2 dakikadan daha kısa sürede tamamen çözünerek çok hızlı etki etmesi gerekmektedir.

- B Grubu Hasta (Çoklu İhtiyaç Grubu): Bu grupta farklı ihtiyaçları olan kronik hastalar bulunmaktadır:

- B1 - Mide Koruma: Midesi hassas hastalar için ilacın mide asidinden etkilenmeden geçip, sadece bağırsakta çözünmesi gerekir. Bu grup hastaları için ilaçların midede 2 dakika kendini koruması ve ardından bağırsakta çözünmesi gerekir.
- B2 - Yavaş Salım: Gün boyu sabit etki için ilacın hem midede hem de bağırsakta çok yavaş çözünmesi gerekir. Bu grup hastaları için ilaçların midede 2 dakikada az miktarda çözünmesi ve ardından çözünmesini bağırsakta tamamlaması gerekir.
- B3 - Tat Maskeleme: İlacın çok acı bir tadı olduğu için yutmayı kolaylaştırmak amacıyla tadının etkili bir şekilde maskelenmesi gerekir.

Göreviniz, farklı hasta gruplarının ihtiyaçlarına yönelik prototip ilaçlar tasarlamak ve test etmektir. Tasarımlarınızda, ilaçların çözünme hızını ve çözündüğü ortamı (mide veya bağırsak) kontrol etmek için farklı kimyasal maddeler (yardımcı maddeler) ve üretim teknikleri kullanmalısınız. A Grubu Hastalar için hızlı çözünmeyi sağlayacak bir efervesan (gaz çıkaran) tablet formülasyonu, B Grup Hastalar için ise etken maddesi aynı olan ancak amacınıza göre farklılaşan kaplama tekniği ile tasarımlarınızı yapmalısınız. Prototipleriniz için etken madde olarak gıda boyası, mısır nişastası, karbonat ve limon tuzu vb. malzemeler kullanabilirsiniz. İlaçların amaca uygun olarak kaplanabilmesi için sodyum aljinat, kalsiyum klorür, balmumu, pudra şekeri, bitkisel jelatin, jöle vb. malzemeler kullanabilirsiniz. Çalışmalarınızı büyük bir titizlikle yapmanızı ve hazırladığınız prototiplerin tasarım aşamasını, test verilerini ve bilimsel gerekçelerinizi içeren bir görsel bir sunum hazırlayarak şirket yönetimine sunmanız talep edilmektedir.

Size verilen görevdeki problemi kendi cümlelerinizle ifade ediniz.

Problemi çözebilmek hangi bilgilere sahip olduğunuzu ve hangi bilgileri öğrenmeniz gerektiğini belirleyiniz ve aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

Ne biliyorum?	Neyi öğrenmeye ihtiyacım var?

Aşağıdaki soruları dikkate alarak araştırmanızı yapınız ve ulaştığınız bilimsel bilgileri grup arkadaşlarınızla paylaşınız.

Ağızdan alınan ilaçların emilimi ve kana geçişleri nasıl olur?

Neden bazı ilaçlar tablet, bazıları kapsül halindedir?

Midesi hassas olan kişilerin bazı ilaçları içerken mide koruyucu başka ilaçları da içme nedenleri ne olabilir?

Midede çözünen ilaçların özellikleri nedir? Bağırsakta çözünen ilaçların özellikleri nedir?

Enterik kaplama nedir?

Problem durumunda yer alan gıda boyası, mısır nişastası, karbonat ve limon tuzu, sodyum aljinat, kalsiyum klorür, balmumu, pudra şekeri, bitkisel jelatin, jöle vb. malzemelerin kimyasal yapısı nedir ve ilaç yapımında nasıl kullanılır?

Tasarlayacağınız ilaçların kriter ve sınırlıkları nelerdir?

Kriterler	Sınırlıklar

Kriterler ve sınırlıklara dayalı olarak her hasta grubu için en az iki ilaç tasarımını hayal ediniz (Örneğin ilacın şekli, büyüklüğü, rengi nasıl olacak? vb.) ve taslağınızı çiziniz.

A Grubu Hastalar için

1. Tasarım	2. Tasarım

B1 Grubu Hastalar için

1. Tasarım	2. Tasarım

B2 Grubu Hastalar için

1. Tasarım	2. Tasarım

B3 Grubu Hastalar için

1. Tasarım	2. Tasarım

Tasarımlarınızı yaparken kullanacağınız malzemelerin amaca uygun olması ve maliyet hesabı kriterleriniz açsından önemlidir. Bu nedenle, tasarımların her biri için hangi malzemeleri hangi amaçlarla kullanacağınızı belirleyerek aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

	Farklı Hasta Grupları için İlaç Tasarımı		
A Grubu Hastalar için	Kullanılan Malzeme	Gerekçe	Maliyet

B1 Grubu

Hastalar için			
B2 Grubu Hastalar için			
B3 Grubu Hastalar için			

Probleme yönelik en iyi çözümü sunan tasarımlarınızı belirleyiniz. Neden bu tasarımları tercih ettiğinizi kimyasal tepkime, çarpışma teoremi ve kimyasal tepkime hızı kavramlarını dikkate alarak açıklayınız.

Tasarımınızın mide ve bağırsak ortamlarındaki tepkime sürecini alt mikro düzeyde gösteriniz ve açıklayınız.

Prototiplerinizi yapınız. Yapım sürecini yazınız. Mümkünse aşamaların fotoğraflarını ekleyiniz.

Prototiplerini oluşturduğunuz ilaçları test ediniz. Test ederken aşağıdaki tabloda yer alan boşlukları doldurunuz.

	Farklı Hasta Grupları için Tasarlanan İlaç Prototiplerinin Değerlendirilmesi	
A Grubu Hastalar için	Deneme	Gözlem
	1	
	2	
	3	
B1 Grubu Hastalar için	1	
	2	
	3	
B2 Grubu Hastalar için	1	
	2	
	3	
B3 Grubu Hastalar için	1	
	2	
	3	

Grup olarak tasarladığınız ilaçların başarılı yanları nelerdir?

Grup olarak tasarladığınız ilaçların başarısız yanları nelerdir?

Kriter ve sınırlılıklar dahilinde çözüm üretmeniz beklenen problem durumuna uygun olarak tasarladığınız prototipi tasarlama süreciniz hakkında bir rapor hazırlayınız. Prototipinizin en iyi tasarım olarak seçilmesi ve ilaç firması tarafından amaca uygun olarak tercih edilebilmesi için bir tanıtım sunumu hazırlayınız. Sunumunuzda, deneyimlediğiniz süreci ulumlu ve olumsuz tüm yönleri ile ele alınız.
Yeniden bir ilaç tasarlayacak olsanız modelinizi geliştirmek için neler yaparsınız? Açıklayınız. Modelinizi yeniden çizerek açıklayınız.
Prototipiniz ilaç firması tarafından talep edilen tasarım gereksinimlerini karşılıyor mu? Sizce prototipiniz firmada satışa çıkmak üzere fabrikasyon sürecine girebilir mi? Son kararınızı kısa ve net olarak belirtiniz.

Kaynakça

Akgündüz, D. & Ertepınar, H. (Eds) (2015). *STEM eğitimi Türkiye raporu: Günün modası mı? Yoksa gereksinim mi?* İstanbul Aydın Üniversitesi.

Baran, E., Canbazoğlu-Bilici, S., & Mesutoğlu, C. (2015). Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) public service announcement (PSA) development activity. *Journal of Inquiry Based Activities, 5*(2), 60-69. https://ated.info.tr/index.php/ated/article/view/53.

Battelle for Kids. (2019). *Framework for 21st century learning: Definitions (P21 Framework)*. Retrieved from https://static.battelleforkids.org/documents/p21/p21_framework_definitionsbfk.pdf

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.

Caprile, M., Palmen, R., Sanz, P., & Dente, G. (2015). *Encouraging STEM studies for the labour market (Study for the directorate-general for internal policies, european parliament)*. Retrieved from https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2015/542199/IPOL_STU(2015)542199_EN.pdf

Çepni, S. (2023) (Eds). *Kuramdan uygulamaya STEM+A+E eğitimi*. Pegem Akademi.

Çorlu, M. S., Capraro, R., & Capraro, M. (2014). Introducing stem education: Implications for educating our teachers for the age of innovation. *Education and Science, 39*(171). https://doi.org/10.15390/ES.2014.1219.

Deligöz, T., & Tosunoğlu, Ç. H. (2023). Ortaokul ve lise fen bilimleri öğretmenlerinin STEM eğitimine yönelik anlayışları. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi, 11*(2), 489-507. https://doi.org/10.56423/fbod.1336965.

Dilmaç, B., Kulaksızoğlu, A., & Ekşi, H. (2007). An examination of the humane values education program on a group of science high school students. *Educational Sciences: Theory & Practice, 7(*3), 1241-1261. https://research.ebsco.com/c/orvaag/viewer/pdf/uuo64eu2ef.

Ejiwale, J. A. (2013). Barriers to successful implementation of STEM education. *Journal of Education and Learning (EduLearn), 7*(2), 63-74. https://doi.org/10.11591/edulearn.v7i2.220.

European Schoolnet. (2020). *STEM education practices in Europe: A comparative overview*. Retrieved from http://www.eun.org/resources/detail?publicationID=1501

Gül, S. K., Kirmizigül, S. A., Ates, H., & Garzón, J. (2023). Advantages and challenges of stem education in k-12: Systematic review and research synthesis. *International Journal of Research in Education and Science, 9*(2), 283-307. https://doi.org/10.46328/ijres.3127.

Hacıoğlu, Y., & Başpınar, A. (2020). Bir sınıf öğretmeni ve öğrencilerinin ilk STEM eğitimi deneyimleri. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi, 12*(22), 1-23. https://doi.org/10.38155/ksbd.690919.

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press.

Hynes, M., Portsmore, M., Dare, E., Milto, E., Rogers, C., & Hammer, D. (2011, June). *Identifying the intellectual habits of K-12 engineering education*. Paper presented at the Annual Conference

Hynes, M. M. (2012). Middle-school teachers' understanding and teaching of the engineering design process: a look at subject matter and pedagogical content knowledge. *Journal of Engineering Education, 101*(3), 417-440. https://doi.org/10.1007/s10798-010-9142-4.

İdin, Ş. (n.d.). *STEM yaklaşımı*. https://bilimmerkezleri.tubitak.gov.tr/Upload/SingleFile/Dosya-766-494.pdf adresinden edinilmiştir.

Kennedy, J., Lyons, T., & Quinn, F. (2014). The continuing decline of science and mathematics enrolments in Australian high schools. *Teaching Science, 60*(2), 34–46. https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.685386398396236.

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.

Mendoza, A. (2021, June 14). *STEM education in the 21st Century*. Retrieved from https://medium.com/teachers-on-fire/stem-education-in-the-21st-century-1267b962299e

Millî Eğitim Bakanlığı YEGİTEK. (2016). *STEM eğitimi raporu (YEGİTEK raporu)*. https://yegitek.meb.gov.tr/stem_egitimi_raporu.pdf aresinden edinilmiştir.

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB). (2024a). *Türkiye yüzyılı maarif modeli: Öğretim programları ortak metni.* https://tymm.meb.gov.tr/ortak-metin adresinden edinilmiştir.

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB). (2024b). *Tasarım Alan Becerileri (TSRMAB).* https://tymm.meb.gov.tr/beceriler/tasarim-alan-becerileri adresinden edinilmiştir.

National Science and Technology Council. (2013). *A report from the committee on STEM education*. Retrieved from https://ntrl.ntis.gov/NTRL/dashboard/searchResults/titleDetail/PB2013108885.xhtml

National Research Council (NRC). (2012). *A framework for k-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. The National Academies Press.

National Science and Technology Council. (2018). *Charting a course for success: America's strategy for STEM education*. National Science and Technology Council.

Obama, B. H. (2009, November 17). *Remarks by the president on the "education to ınnovate" campaign [speech transcript]*. Retrived from https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/remarks-president-education-innovate-campaign

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. Retrieved from https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2018/06/the-future-of-education-and-skills_5424dd26/54ac7020-en.pdf

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023). *Pisa 2022 results (volume i): The state of learning and equity in education*. Retrieved from https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2022-results-volume-i_53f23881-en.html

Owens, A. D. & Hite, R. L. (2022). Enhancing student communication competencies in STEM using virtual global collaboration project based learning. *Research in Science & Technological Education, 40*(1), 76-102. https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1778663.

Schleicher, A. (2018). *World class: how to build a 21st-century school system*. Organization for Economic Co-operation and Development Publishing.

Tuncar, M. (2019). *Ortaöğretimde fen ve matematik kazanımlarının stem eğitim sürecine etkisi: Anadolu lisesi ve M.T.A.L örneği.* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. Gazi Üniversitesi.

Türk Sanayicileri İş İnsanları Derneği (TÜSİAD). (2014). *STEM (science, technology, engineering and mathematics fen, teknoloji, mühendislik, matematik) alanında eğitim almış işgücüne yönelik talep ve beklentiler araştırması*. https://tusiad.org/tr/yayin-

lar/raporlar/item/8054-stem-alaninda-egitim-almis-isgucune-yonelik-talep-ve-beklentiler-arastirmasi adresinden edinilmiştir.

United Kingdom Commission for Employment and Skills. (2015). *Reviewing the requirement for high level STEM skills*. Retrieved from https://assets.Publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/444052/stem_review_evidence_report_final.pdf

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2017). *Education for sustainable development goals: Learning objectives*. Retrieved from https://www.unesco.org/en/articles/education-sustainable-development-goals-learning-objectives

Whitney-Smith, R., Hurrell, D., & Day, L. (2022). The role of mathematics education in developing students' 21st century skills, competencies and STEM capabilities. In N. Fitzallen, C. Murphy, V. Hatisaru, & N. Maher (Eds.), *Proceedings of the 44th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia* (pp. 554–561). MERGA. Erişim adresi: https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED623713.pdf

World Bank. (2019). *The world development report 2019: The changing nature of work*. World Bank.

Yalkın, A. (2024). *Almanya, İrlanda ve Türkiye'deki fen bilimleri dersi öğretim programı ve STEM eğitimi politikalarının karşılaştırılması*. [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Mersin Üniversitesi.

Yıldız, M., & Ecevit, T. (2024). Impact of STEM on primary school students' 21st century skills, NOS, and learning experiences. *Asian Journal of Instruction (E-AJI), 12*(2), 21-37. https://doi.org/10.47215/aji.1395298.

Yılmaz, F. N., & Gunduz, H. C. (2018). Career indecision and career anxiety in high school students: An investigation through structural equation modelling. *Eurasian Journal of Educational Research*, *18*(78), 23-42. https://dergipark.org.tr/en/pub/ejer/issue/42563/512832.

Zhou, Y., & Shirazi, S. (2025). Factors influencing young people's STEM career aspirations and career choices: A systematic literature review. International Journal of Science and Mathematics Education. https://doi.org/10.1007/s10763-025-10552-z.

STEAM Eğitimi Uygulamaları

Canay PEKBAY

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Öz

Bu bölümde STEAM yaklaşımı, kuramsal temelleri, pedagojik bileşenleri ve öğrenme-öğretme süreçlerindeki uygulama boyutlarıyla birlikte ele alınarak çağdaş eğitimdeki yeri kapsamlı bir biçimde tartışılmaktadır. STEAM eğitimine ilişkin ulusal ve uluslararası literatürde disiplinlerarası bütünleşmeye yönelik güçlü bir kuramsal çerçeve bulunsa da, uygulamaya dönük örneklerin sınırlı olması dikkat çekmektedir. Bu doğrultuda bölüm, yalnızca STEAM'in teorik ilkelerini tanıtmakla kalmayıp, öğretmenlerin kendi sınıf ortamlarında doğrudan uygulayabilecekleri, sürdürülebilirlik ve çevre eğitimi temelli bir etkinlik modeli sunarak literatürdeki bu boşluğu doldurmayı amaçlamaktadır. Sunulan etkinlik, geri dönüşüm, kaynakların tasarruflu kullanılması, çevre sorunlarının analiz edilmesi ve çözüm üretilmesi gibi fen kazanımlarını; mühendislik tasarım süreci, problem çözme, yaratıcı düşünme ve estetik boyutlarla ilişkilendirerek disiplinlerarası bir öğrenme deneyimi oluşturmaktadır. Etkinlik kapsamında öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini kullanmaları, teknolojiden yararlanarak veri toplamaları, mühendislik tasarımıyla özgün ürünler geliştirmeleri, matematiksel akıl yürütme yapmaları ve süreci yaratıcı sanatsal ifadelerle desteklemeleri hedeflenmektedir. Böylece öğrenme ortamı, öğrencilerin hem bilişsel hem de sosyal-duyuşsal becerilerini geliştiren bütüncül bir yapıya kavuşturulmaktadır. Bölüm aynı zamanda ölçme ve değerlendirme açısından da çağdaş bir yaklaşım benimsemekte; TIMSS, PISA, OECD Sosyal-Duygusal Beceriler Araştırması ve IB programlarının değerlendirme ilkeleri incelenerek STEAM temelli etkinliklere uygun yeni nesil soru türleri ve performans görevleri geliştirmektedir. Bu yönüyle çalışma, öğretmenlere yalnızca etkinlik örneği

ISBN: 978-625-6276-47-5

sunmakla kalmayıp, etkinliğin nasıl değerlendirileceğine ilişkin somut, uygulanabilir araçlar da sağlamaktadır. Sonuç olarak bu bölüm, STEAM eğitimine ilişkin kuramsal bilgiyle uygulama arasında köprü kurarak öğretmenler, öğretmen adayları ve araştırmacılar için hem kapsamlı bir başvuru kaynağı hem de uygulamaya dönük bir rehber niteliği taşımaktadır. Aynı zamanda Yeni Maarif Modeli'nin öngördüğü değer temelli, üretken, disiplinlerarası ve bütüncül öğrenme yaklaşımına somut bir örnek oluşturması bakımından alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Giriş

21. yüzyılın toplumsal, ekonomik ve teknolojik dönüşümleri, bireylerin yalnızca bilgi sahibi olmalarını değil; bilgiyi üretme, uygulama, analiz etme ve yaratıcı biçimlerde kullanma becerilerini geliştirmelerini zorunlu kılmaktadır. Bu durum, eğitim sistemlerinin disiplinlerarası düşünme, problem çözme, yaratıcılık gibi üst düzey düşünme becerilerini destekleyen öğrenme yaklaşımlarına yönelmesine neden olmuştur. Bu bağlamda STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) eğitimi, öğrencilerin gerçek yaşam problemlerine bütüncül bir bakış açısıyla yaklaşmalarını, bilimi mühendislik ve sanatla ilişkilendirerek anlamlı öğrenmeler gerçekleştirmelerini amaçlayan çağdaş bir eğitim yaklaşımı olarak öne çıkmaktadır.

STEAM, kökenini STEM anlayışından almakta; ancak sanatı sürece dahil ederek bilişsel, duyuşsal ve estetik öğrenme boyutlarını bütünleştiren daha geniş bir öğrenme çerçevesi sunmaktadır. Sanatın bu çerçeveye eklenmesi, öğrencilerin yalnızca yaratıcılık ve estetik duyarlılığını değil, aynı zamanda tasarım odaklı düşünme, iletişim ve eleştirel sorgulama becerilerini de geliştirmektedir (Henriksen, 2014; Yakman, 2008). Bu nedenle STEAM eğitimi, öğrencilerin bilginin doğasını kavrayıp bilimsel süreçleri mühendislik tasarımı ve sanatsal yaratıcılıkla birleştirerek özgün ürünler ortaya koymalarına olanak sağlayan etkin öğrenme ortamları sunmaktadır.

Alanyazında STEAM yaklaşımının temelleri, yapılandırmacı ve deneyimsel öğrenme kuramları üzerine inşa edilmektedir.

Kolb'un (1984) deneyimsel öğrenme döngüsü ve Vygotsky'nin (1978) sosyokültürel öğrenme yaklaşımı, bireyin bilgiyi aktif biçimde yapılandırdığı ve öğrenmenin sosyal bir süreç olduğunu savunur. Bu bakış açısı, STEAM uygulamalarında da kendini gösterir. Öğrenciler bilimsel bilgiyi mühendislik tasarımlarıyla bütünleştirir, teknolojik araçları problem çözme amacıyla kullanır ve sanatı bu süreçlerin duygusal ve estetik boyutunu güçlendiren bir unsur olarak değerlendirir. Böylece öğrenme süreci, bilişsel olduğu kadar duyuşsal ve sosyal bir deneyim hâline gelir.

Alanyazında STEAM Eğitimi: Bütüncül Bir Bakış

STEAM üzerine yapılan araştırmalar genel olarak üç ana eksende yoğunlaşmaktadır.
Birinci eğilim, STEAM'in disiplinlerarası bütünleşme potansiyeline yöneliktir. Bu çalışmalar (Stohlmann vd., 2012; Yakman ve Lee, 2012), disiplinlerarasında anlamlı bağlantılar kurmanın öğrencilerin derin öğrenmelerini desteklediğini göstermektedir. Ancak araştırmalar aynı zamanda öğretmenlerin bu bütünleşmeyi planlama ve yürütmede zorluk yaşadıklarını da ortaya koymaktadır (Kim ve Park, 2012; Thibaut vd., 2018). İkinci eğilim, STEAM'in yaratıcılık ve tasarım temelli öğrenme üzerindeki etkisine ilişkindir. Sanatın STEM'e dâhil edilmesi, öğrencilerin özgün fikirler üretme ve bilimsel bilgiyi estetik bağlamda uygulama becerilerini artırmaktadır (Henriksen, 2014; Maeda, 2013). Üçüncü eğilim ise öğretmen eğitimi boyutuna odaklanmakta, öğretmenlerin STEAM pedagojisine ilişkin bilgi, inanç ve öz yeterliklerinin geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır (Park vd., 2016). Bu sentez, STEAM'in yalnızca bir öğretim stratejisi değil, aynı

zamanda öğretmenlerin mesleki gelişimini destekleyen bir paradigma olduğunu göstermektedir.

STEAM Eğitimine İlişkin Kavram Yanılgıları

STEAM eğitimi, disiplinlerarası bir yaklaşım olarak fen, teknoloji, mühendislik ve matematiği (STEM) sanatsal düşünme ve yaratıcılıkla bütünleştirmeyi amaçlamaktadır. Ancak literatürde STEAM'in doğası ve uygulanmasına ilişkin çeşitli kavramsal yanlış anlamalar dikkat çekmektedir. Bu yanlış anlamalar, çoğu zaman STEAM'in amacının ya da pedagojik işlevinin yüzeysel biçimde yorumlanmasından kaynaklanmaktadır. Yaygın yanılgılardan biri, STEAM'in STEM ile eşdeğer olduğu ve sanat bileşeninin yalnızca "dekoratif" ya da "süsleyici" bir unsur olarak eklendiği düşüncesidir. Bu yanlış algı, STEAM'de sanatın öğrenme sürecine yaratıcılık, tasarım düşüncesi ve duygusal ifade gibi boyutlarda yaptığı katkıyı göz ardı etmektedir. Oysa Kim ve Park (2012), sanat bileşeninin öğrenmeyi destekleyen işlevsel bir boyut olduğunu; estetikten çok, disiplinlerarası düşünmeyi ve problem çözmeyi kolaylaştırdığını vurgulamaktadır.

Bir diğer kavram yanılgısı, STEAM'in yalnızca sanat eğitimi alan ya da bu alanla ilgilenen yaratıcı yönü baskın öğrencilere yönelik olduğudur. Oysa STEAM, disiplinlerarası doğası gereği tüm öğrencilerin bilimsel düşünme, yaratıcılık ve tasarım becerilerini bütüncül biçimde geliştirmeyi hedeflemektedir (Irwanto ve Ananda, 2024). Bu nedenle, STEAM yalnızca belirli bir öğrenci grubuna değil, farklı yetenek alanlarına sahip bireylere de hitap eden esnek bir öğretim yaklaşımıdır. Uygulamada sıklıkla karşılaşılan bir başka yanılgı ise STEAM

etkinliklerinin mutlaka pahalı teknolojik araçlar, robotik sistemler veya özel laboratuvarlar gerektirdiği düşüncesidir. Oysa temel amaç, öğrencilerin farklı disiplinleri bir arada kullanarak yaratıcı çözümler üretebilmelerini sağlamaktır. Basit materyallerle gerçekleştirilen etkinlikler de aynı pedagojik değere sahiptir (Milara ve Orduña, 2024).

Ayrıca, bazı çalışmalarda STEAM'in STEM'in yerini almak için geliştirildiği yönünde yanlış bir algıdan söz edilmektedir. Oysa Yakman ve Lee (2012) STEAM'i STEM'in bir alternatifi olarak değil, onu sanatsal ve yaratıcı düşünmeyle zenginleştiren bir evrimsel model olarak tanımlamaktadır. Benzer biçimde, Mertala ve arkadaşları (2024) STEAM'in STEM'i ortadan kaldırmayı değil, daha bütünleştirici bir öğrenme vizyonu sunmayı hedeflediğini belirtmektedir. Son olarak, STEAM'in ölçülmesinin veya değerlendirilmesinin mümkün olmadığına ilişkin bir yanılgı da bulunmaktadır. Oysa yapılan araştırmalar, STEAM değerlendirmelerinin hem süreç hem de ürün odaklı ölçütlerle gerçekleştirilebileceğini ortaya koymaktadır (Irwanto ve Ananda, 2024). Değerlendirmede yaratıcılık, problem çözme, disiplinlerarası düşünme ve tasarım çıktıları gibi boyutlara odaklanmak mümkündür.

Sonuç olarak, STEAM eğitiminin amacını doğru biçimde anlamak için bu tür kavram yanılgılarının farkında olmak önemlidir. Yanılgılar, çoğu zaman öğretmenlerin STEAM yaklaşımını sınıf ortamına aktarma biçimlerini de etkileyerek, uygulamanın yüzeysel veya biçimsel kalmasına yol açabilmektedir. Bu nedenle, STEAM'in yalnızca disiplinleri bir araya getiren bir çerçeve değil; yaratıcılığı, bilimsel düşünmeyi ve tasarım becerilerini bütünleştiren dinamik bir pedagojik yaklaşım olduğu vurgulanmalıdır. Tablo 1'de, alanyazında

sıklıkla karşılaşılan STEAM'e ilişkin kavram yanılgıları özetlenmiştir. Bu yanılgılar, öğretmen eğitimi sürecinde özellikle kavramsal netlik ve pedagojik yönlendirme ihtiyacını ortaya koymaktadır.

Tablo 1. *STEAM Eğitimine İlişkin Kavram Yanılgıları*

Kavram Yanılgısı	Açıklama / Yanlış Anlamanın Özeti	İlgili Literatür
STEAM, STEM ile eşdeğerdir; "A" (art) yalnızca dekoratif veya süsleyici bir unsurdur.	Bu yanılgı, sanatın öğrenme sürecine işlevsel katkısını göz ardı eder. Oysa sanat, yaratıcılık, tasarım düşüncesi ve duygusal ifade boyutlarını STEM'e entegre eder.	Kim ve Park (2012) Mertala vd. (2024) Milara ve Orduña (2024) Yakman ve Lee (2012)
STEAM yalnızca sanat öğrencilerine veya yaratıcı bireylere yöneliktir.	Disiplinler arası yapısı nedeniyle STEAM tüm öğrenciler içindir; amaç her öğrencinin problem çözme, yaratıcılık ve bilimsel düşünme becerilerini geliştirmektir.	Irwanto ve Ananda (2024) Yakman ve Lee (2012);
STEAM uygulamaları için pahalı teknoloji, robotik sistemler veya özel laboratuvarlar gerekir.	STEAM eğitim yaklaşımı yaratıcılığı ve tasarım düşüncesini ön plana çıkarır; düşük maliyetli veya günlük hayat malzemeleri ile de uygulanabilir.	Milara ve Orduña (2024)
STEAM, STEM'in yerini almak için geliştirilmiştir	STEAM, STEM'in devamı ve genişletilmiş hâlidir; amacı STEM'in	Irwanto ve Ananda (2024) Mertala vd. (2024)

(STEM'i geçersiz kılar).	disiplinlerini sanatın yaratıcı yönleriyle bütünleştirmektir.	Yakman ve Lee (2012);
STEAM, sanat etkinliklerini STEM derslerine eklemekten ibarettir; disiplinlerarası entegrasyon içermez.	Bu yanlış anlamada disiplinlerarası etkileşim göz ardı edilir; oysa STEAM bütünleştirici tasarım süreçlerini temel alır.	Kim ve Park (2012) Singh vd. (2024)
STEAM değerlendirmesi yapılamaz veya ölçülemez.	STEAM eğitiminde değerlendirme süreç ve ürün temelli rubriklerle gerçekleştirilebilir.	Irwanto ve Ananda (2024); Milara ve Orduña (2024)

Bu yanılgıların çoğu, STEAM eğitiminin felsefi temellerinin yeterince kavranmamasından kaynaklanmaktadır. Özellikle disiplinlerarası bütünleşmenin sistematik biçimde planlanmaması, öğrencilerin bilgi transferinde yüzeysel kalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle öğretmen yetiştirme sürecinde STEAM'in yalnızca etkinlik temelli değil, aynı zamanda kuramsal bir çerçeveye dayalı pedagojik bir yaklaşım olarak ele alınması gerekmektedir. Bu kitap bölümü, söz konusu gereksinime yanıt olarak hem kuramsal hem uygulamalı yönleriyle STEAM eğitimine bütüncül bir bakış sunmayı amaçlamaktadır.

Önem

STEAM eğitimi, çağın gerektirdiği disiplinlerarası düşünme, yenilik üretme, iş birliği gibi becerilerin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu yaklaşım, öğrencilerin bilimsel bilgiyi yalnızca öğrenmelerini değil, onu teknoloji, mühendislik, sanat ve matematik aracılığıyla yeniden üretmelerini sağlar.

Böylelikle öğrenciler, gerçek yaşam problemlerine çözüm üretebilen, yaratıcı ve eleştirel düşünen bireyler olarak yetişirler. STEAM eğitiminin bu yönü, modern toplumların ihtiyaç duyduğu yaratıcı, üretken ve sürdürülebilir düşünme kültürünü destekleyen temel bir pedagojik araç hâline gelmiştir.

Alanyazındaki çalışmaların sentezi, STEAM eğitiminin hem öğrenciler hem de öğretmenler açısından önemli bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Öğrenciler açısından STEAM, öğrenmeye yönelik ilgiyi artırmakta (Beers, 2011), bilimsel düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirmekte (Kim ve Park, 2012) ve yaratıcılığı desteklemektedir (Henriksen, 2014). Öğretmenler açısından ise bu yaklaşım, dersleri tek bir disipline indirgemekten ziyade disiplinlerarası öğrenme tasarımları yapabilme becerisi kazandırmaktadır (Park vd., 2016; Stohlmann vd., 2012). Ancak öğretmenlerin STEAM uygulamalarını planlama, uygulama ve değerlendirme süreçlerinde yeterli pedagojik bilgiye sahip olmamaları hâlâ önemli bir sınırlılık olarak görülmektedir (Thibaut vd., 2018). Bu durum, özellikle öğretmen yetiştirme programlarında STEAM eğitiminin kuramsal ve uygulamalı boyutlarıyla bütünleştirilmesi gereğini açıkça ortaya koymaktadır.

Türkiye'de son yıllarda Millî Eğitim Bakanlığı'nın (2018) öğretmen yetiştirme programlarında STEM ve STEAM'e yer vermesiyle başlayan bu yönelim, Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli (2024) ile daha kapsamlı bir çerçeveye taşınmıştır. Yeni Maarif Modeli, öğrencilerin bilişsel gelişimlerinin yanında ahlaki, ruhi ve toplumsal yönlerinin de bütüncül biçimde geliştirilmesini hedeflerken; bilgi üretimi, anlamlandırma ve uygulama süreçlerinde disiplinlerarası düşünmeyi merkeze almıştır. Bu

bağlamda STEAM, modelin öngördüğü bütüncül öğrenme ve üretim odaklı eğitim anlayışını somutlaştıran etkili bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

Dolayısıyla bu kitap bölümü, STEAM'in yalnızca kuramsal temellerini açıklamakla kalmayıp, öğretmenlerin kendi öğretim ortamlarında uygulayabilecekleri örnek bir çevre eğitimi etkinliği üzerinden yaklaşımın sınıf içi yansımalarını göstermeyi amaçlamaktadır. Bu yönüyle bölüm, öğretmenler, öğretmen adayları ve araştırmacılar için hem kuramsal bir başvuru kaynağı hem de uygulamaya dönük bir rehber niteliği taşımaktadır. Böylece çalışma, hem alanyazındaki uygulama eksikliğine katkı sunmakta hem de Yeni Maarif Modeli'nin öngördüğü üretken, değer temelli ve disiplinlerarası öğrenme vizyonuna somut bir örnek oluşturmaktadır.

Atığı Oyuna Dönüştür: Mühendislik Tasarım Sürecine Dayalı Bir STEAM Etkinliği

Etkinlik ile İlgili Kuramsal Temeller

Günümüzde sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada çevre eğitimi önemli bir rol oynamaktadır. Öğrencilerin çevre sorunlarını anlamaları, çözüm üretmeleri ve çevreye duyarlı davranışlar geliştirmeleri için disiplinlerarası bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bu noktada STEAM eğitimi, öğrencilerin problem çözme, yaratıcılık ve yenilikçi düşünme becerilerini geliştiren bir öğretim yaklaşımı olarak öne çıkmaktadır. STEAM yaklaşımının merkezinde yer alan Mühendislik Tasarım Süreci (MTS), öğrencilerin gerçek yaşam problemlerini tanımlayarak çözümler üretmelerine olanak tanıyan sistematik bir öğrenme modelidir. Bu süreçte öğrenciler,

"problemi tanımlama, araştırma yapma, fikir üretme, planlama, ürün geliştirme, test etme, geliştirme ve iletişim" aşamalarını takip ederek hem bilimsel süreç becerilerini hem de mühendislik düşünme biçimlerini geliştirirler (Engineering is Elementary, 2013). Tasarlanan etkinlikte MTS basamakları kullanılarak bir ders plan örneği hazırlanmış, plan aşağıda ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Çevre eğitimi bağlamında MTS, öğrencilere yalnızca bilgi kazandırmakla kalmaz, aynı zamanda sorumluluk bilinci, eleştirel düşünme ve yaratıcı üretim becerilerini de kazandırır. Özellikle atık yönetimi, geri dönüşüm ve kaynakların sürdürülebilir kullanımı gibi temalar mühendislik tasarım süreciyle bütünleştirildiğinde, öğrenciler soyut çevresel kavramları somut ürünler ve deneyimler aracılığıyla içselleştirirler. Etkinlikte yer alan eğitsel oyun kısmı da öğrenme motivasyonunu artıran önemli bir bileşendir. Oyunlaştırılmış öğrenme ortamları, öğrencilerin dikkatini sürdürmelerine, aktif katılım göstermelerine ve çevreyle ilgili kavramları eğlenceli bir şekilde öğrenmelerine imkân tanır. Literatürde, oyun temelli çevre eğitimi uygulamalarının öğrencilerin çevresel farkındalık, problem çözme ve yaratıcı düşünme becerilerini geliştirdiği vurgulanmaktadır (Papastergiou, 2009).

Bu etkinlik doğrudan bir uyarlama olmamakla birlikte; çevre eğitimi, eğitsel oyun ve mühendislik tasarım süreci üzerine yapılan literatür taraması sonucunda (National Aeronautics and Space Administration [NASA], 2011; Smithsonian Science Education Center [SSEC], 2021; United States Environmental Protection Agency [EPA], 2015) özgün olarak geliştirilmiştir.

Etkinliğin Tanıtımı

Etkinliğin Adı: *Atığı Oyuna Dönüştür*

Hedef Kitle: Ortaokul öğrencileri (5–8. sınıf)

Süre: 3-4 ders saati

Uygulama Alanı: Fen Bilimleri, Görsel Sanatlar, Matematik ve Bilişim Teknolojileri

Etkinliğin Amacı: Öğrencilerin geri dönüşüm, atık yönetimi ve sürdürülebilirlik kavramlarını anlamalarını; çevre dostu materyaller kullanarak özgün bir eğitsel masa oyunu tasarlamalarını sağlamaktır. Bu sayede öğrenciler hem çevre bilinci geliştirir hem de mühendislik tasarım sürecini uygulamalı olarak deneyimlerler.

Hedeflenen Kazanımlar

Hazırlanan etkinlikte yer alan kazanımlar, STEM disiplinlerinin her birinin özgün katkısını yansıtacak biçimde yapılandırılmıştır. Fen alanına ilişkin kazanımlar, öğrencilerin çevresel farkındalıklarını artırmanın yanı sıra bilimsel süreç becerilerini kullanarak çevre sorunlarını analiz edebilmelerine odaklanmaktadır. MEB Fen Bilimleri Öğretim Programında (2024) yer alan geri dönüşüm, kaynak kullanımı ve iklim değişikliği temalarıyla uyumlu olarak yapılandırılan bu kazanımlar, öğrencilerin yerel çevre problemleri ile küresel sürdürülebilirlik hedefleri arasında bağlantı kurmalarını desteklemektedir.

Teknoloji boyutundaki kazanımlar, öğrencilerin dijital tasarım araçlarını (ör. Canva, Tinkercad, QR kod uygulamaları) öğrenme ve üretim süreçlerinde etkin biçimde kullanmalarını hedeflemektedir. Bu yönüyle etkinlik, teknolojiyi yalnızca bir araç değil, düşünme ve üretme sürecinin dinamik bir bileşeni olarak konumlandırmaktadır. Mühendislik boyutu, öğrencilere çevre dostu bir ürün tasarlama deneyimi sunarak mühendislik tasarım sürecini doğrudan yaşamalarına olanak tanır. Bu süreçte öğrenciler iş birliği, planlama, test etme ve yeniden tasarlama adımlarını izleyerek hem bilişsel hem de duyuşsal becerilerini geliştirirler. Geri dönüştürülebilir malzemelerin kullanımı ise sürdürülebilir mühendislik anlayışının erken yaşlarda kazandırılmasını destekler.

Matematik alanı, oyunun stratejik ve analitik yönünü güçlendiren bir bileşen olarak bütünleşmiştir. Oyun içi puanlama, olasılık, oran-orantı ve veri analizi gibi kavramlar aracılığıyla öğrenciler gerçek yaşam durumlarında matematiksel düşünme becerilerini uygularlar. Ayrıca PISA 2022'nin "yaratıcı problem çözme" çerçevesiyle uyumlu biçimde, öğrencilerden yenilikçi stratejiler geliştirmeleri beklenmektedir. Sanat disiplininin sürece dâhil edilmesi, etkinliği klasik STEM çerçevesinden çıkararak STEAM anlayışına taşımaktadır. Sanat, öğrencilerin çevre estetiği bilinci kazanmalarını, yaratıcılıklarını ortaya koymalarını ve sürdürülebilirlik temasını estetik bir ifade biçimiyle görünür kılmalarını sağlar. Böylelikle öğrenme süreci hem bilişsel hem de duyuşsal boyutta zenginleşmektedir. Bütünleşik kazanımlar (STEAM+) düzeyinde ise öğrencilerin disiplinlerarası düşünme, iletişim, liderlik, iş birliği ve yenilikçi

çözüm üretme becerilerini geliştirmeleri amaçlanmıştır. Bu yönüyle etkinlik, sadece bilgi aktarımını değil, 21. yüzyıl becerilerini merkeze alan bir öğrenme deneyimi sunmaktadır. Etkinlik ile hedeflenen kazanımlar Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2. *Hedeflenen Kazanımlar*

Alan	**Kazanımlar (Ulusal ve Uluslararası Çerçevelerle İlişkilendirilmiş)**
Fen (Science)	- Geri dönüştürülebilen ve dönüştürülemeyen maddeleri sınıflandırır (MEB FB.5.7.1.1). - Geri dönüşümün çevresel ve ekonomik önemine ilişkin bilimsel çıkarımlarda bulunur (FB.5.7.1.2). - Yakın çevresindeki bir çevre problemine ilişkin çözüm önerir (FB.6.7.2.2). - Kaynakların tasarruflu kullanımının önemini sorgular (FB.7.7.2.1). - Küresel iklim değişikliğine yönelik çözüm önerileri geliştirir (FB.8.7.2.4).
Teknoloji (Technology)	- Dijital araçlardan yararlanarak (Canva, Tinkercad vb.) oyun tasarım sürecini destekler. - Teknolojik materyalleri sürdürülebilir biçimde kullanır. - Dijital içerikler (ör. QR kodlu kartlar, skor tabloları) geliştirir. - IB-MYP *Design Cycle*'ın "Investigate-Plan-Create" aşamalarına uygun biçimde ürün tasarlar.
Mühendislik (Engineering)	- Geri dönüştürülebilir malzemeleri kullanarak çevre dostu bir oyun prototipi geliştirir. - Mühendislik Tasarım Süreci (problemi tanımlama, planlama, geliştirme, test etme, yeniden tasarlama) adımlarını uygular (Bybee, 2013). - Tasarım sürecinde iş birliği ve sistematik düşünme becerilerini sergiler. - Ürün tasarımında işlevsellik, dayanıklılık ve estetik unsurları bütünleştirir.

Matematik (Mathematics)	- Oyun içi puanlama, olasılık ve strateji unsurlarını matematiksel olarak planlar. - Ölçme, oran-orantı, simetri ve düzen kavramlarını oyun alanı tasarımına uygular. - Verileri analiz ederek çıkarımda bulunur. - PISA 2022 Creative Thinking çerçevesindeki "yapılandırılmış problem çözme" becerilerini geliştirir.
Sanat (Art)	- Atık materyallerle estetik değeri yüksek bir oyun tasarımı oluşturur. - Renk, biçim ve denge ilkelerini kullanarak çevre estetiği bilinci geliştirir. - Yaratıcılık, ifade ve estetik duyarlılık becerilerini kullanır (OECD SSES, 2021). - Sanat aracılığıyla sürdürülebilirlik temasını görünür kılar.
STEAM + (Bütünleşik Kazanımlar)	- Disiplinlerarası düşünme ve iş birliği becerisi geliştirir. - Çevresel problemlere yenilikçi çözümler üretir. - Grup içinde iletişim, liderlik ve sorumluluk becerilerini sergiler. - Yaratıcı düşünme ve özgün ürün geliştirme becerileri gösterir (PISA, OECD, IB).

Etkinliğin Mühendislik Tasarım Sürecine Göre Uygulama Aşamaları

Problem Durumu

Dünya genelinde artan tüketim alışkanlıkları, her gün tonlarca atığın oluşmasına neden oluyor. Bu atıkların büyük bir kısmı, doğru şekilde ayrıştırılıp geri dönüştürülmediği için çevre kirliliğine, doğal kaynakların tükenmesine ve iklim değişikliğine sebep oluyor. Özellikle plastik, kâğıt, cam ve metal gibi geri dönüştürülebilir malzemelerin çöpe atılması, sürdürülebilir bir gelecek için büyük bir tehdit oluşturuyor.

Birçok ülke ve kurum, sıfır atık politikaları ve geri dönüşüm kampanyalarıyla bu soruna çözüm arıyor. Ancak, bireysel farkındalık ve günlük davranışlarımızda değişim olmadan bu mücadele başarıya ulaşamıyor. Bu noktada, çocukların ve gençlerin çevre konusunda erken yaşta bilinçlenmesi, eğlenceli ve öğretici yollarla sağlanabilir.

Sizler de bu dönüşümün bir parçası olmak üzere bir araya gelen çevreci tasarım ekibisiniz. Göreviniz, evde veya okulda bulunan atık malzemeleri kullanarak geri dönüşüm temalı eğitsel bir masa oyunu tasarlamak. Bu oyun sayesinde oyuncular hem geri dönüşüm ve sürdürülebilirlik konularını eğlenerek öğrenecek, hem de çevresel sorumluluk bilinci geliştirecekler.

Tasarımınızda, oyuncuların çevresel sorunları çözmeye çalıştığı, atıkları doğru sınıflandırarak puan topladığı, enerji tasarrufu veya sıfır atık uygulamalarıyla avantaj sağladığı yaratıcı bir oyun kurgusu oluşturmanız beklenmektedir. Oyunun hem öğretici hem eğlenceli olması esastır. Tüm parçalar, mümkün olduğunca geri dönüştürülmüş ya da yeniden kullanılabilir malzemelerden yapılmalıdır.

Etkinlikte kullanılacak malzemeler aşağıdaki gibidir:

Geri Dönüştürülebilir / Yeniden Kullanılabilir Malzemeler: • Karton kutular (oyun tahtası için), • Plastik kapaklar (piyonlar),	*Donanım ve Atölye Malzemeleri:* • Makas, • Cetvel, • Yapıştırıcı, • Maket bıçağı, silikon tabancası, • Renkli karton, keçeli kalem, boyalar	*Dijital Araçlar (isteğe bağlı):* • Canva, Tinkercad, çevrim içi oyun kartı veya zar oluşturma araçları

• Yumurta kartonları, Pet şişe parçaları, Cam şişe kapakları, • Kullanılmış kâğıt, Mukavva, • Düğmeler, ip, kumaş parçaları, tel		

Etkinlikte uyulması gereken kurallar:

Kurallar:

1. Tasarımda en fazla 5 farklı atık malzeme kullanılmalıdır.
2. İsrafı önlemek için ölçülü, dikkatli ve planlı malzeme kullanımı gerekir.
3. Oyun en az bir çevre temalı görev/engel/mekanik içermelidir.
4. Oyun, geri dönüşüm, atık azaltımı, doğa koruma veya iklim değişikliği gibi bir çevresel kavrama hizmet etmelidir.

Uygulama Aşamaları

1. Problemi Tanımlama: Bu aşamada katılımcılar çevre kirliliği, atık yönetimi ve geri dönüşüm hakkında ön bilgi edinirler. Eğitsel oyunların öğrenmeye etkisi tartışılır. Tasarlanacak ürünün hem eğitici hem çevre dostu olması gerektiği vurgulanır.

Problem Cümlesi:

- Bu etkinlikte çözmeye çalıştığınız çevresel ve eğitsel problemler nelerdir?

  ……
  ……
  ……
  ……...

- Oyun tasarımınızda başarılı olabilmek için bilmeniz gereken temel bilgiler nelerdir? (Örneğin: Geri dönüştürülebilir malzemeler nelerdir? Eğitsel oyunlar nasıl yapılandırılır? Geri dönüşümün aşamaları nelerdir?)

  ……
  ……
  ……
  ……...

2. Araştırma Yapma: Katılımcılar bu aşamada geri dönüşüm, çevre eğitimi ve eğitsel oyun örnekleri hakkında bilgi toplar. Var olan oyunların incelenmesi ve çevresel verilerin oyun senaryosuna entegrasyonu teşvik edilir.

- Eğitsel masa oyunları çocuklara çevresel konuları öğretmede nasıl etkili olabilir?

  ……
  ……
  ……
  ……...Hangi atık malzemeler oyun bileşenleri (tahta, zar, kart, piyon) yapımında kullanılabilir?

  ……
  ……
  ……

……...Oyununuzda hangi çevre sorunlarını işleyeceksiniz? (Geri dönüşüm, atık sınıflandırma, iklim değişikliği vb.)
……
……
……
……...

3. Hayal Etme ve Planlama: Gruplar, eğitsel oyunun teması, kuralları, oyundaki karakterler, görevler ve malzemelere karar verir. Oyun senaryosu ve işleyişi kâğıt üzerine çizilir.

- Oyun hangi çevresel sorunlara çözüm sunmayı hedefliyor?
  ……
  ……
  ……
  ……..
- Oyunun kurgusu nasıl işleyecek? (Başlangıç, görevler, kazanma koşulu)
  ……
  ……
  ……
  ……
- Hangi geri dönüştürülebilir malzemeleri kullanacaksınız ve neden?
  ……
  ……
  ……
  ……

4. İnşa Etme: Bu aşamada katılımcı gruplar planladıkları oyunun fiziksel modelini yaparlar. Tüm parçalar geri dönüştürülebilir atıklardan hazırlanır.

Aşağıya yapım sürecinizi yazınız:

……
……
……
……
……
……
……
……

5. Test Etme: Oyunlar sınıf ortamında denenir. Oynanabilirlik, anlaşılabilirlik, kuralların işleyişi ve çevre bilincine katkı düzeyi değerlendirilir. Geliştirilen oyunların değerlendirilmesinde Tablo 3'te yer alan rubrik kullanılır. Aynı zamanda öğrenciler kendi tasarımlarını da değerlendirirler.

- Oyununuz çevre dostu özellikler taşıyor mu?
  ……
  ……
  ……
  ……
- Oyun, çevre bilincini artırmaya nasıl katkı sağlıyor?
  ……
  ……
  ……
  ……
- Oyunun güçlü ve zayıf yönleri neler?
  ……
  ……

……
……

Tablo 3. *Ürün Değerlendirme Rubriği*

Kriter	Açıklama	Puan
Sürdürülebilirlik	Kullanılan malzemelerin geri dönüştürülebilirliği, israfın önlenmesi	20
Yenilikçilik	Oyun fikrinin özgünlüğü, yaratıcı içerik ve görevlerin farklılığı	15
Çevresel Bilinç	Oyunun geri dönüşüm, çevre koruma ve kaynak kullanımı bilincini artırması	15
Tasarım ve İşlevsellik	Oyunun oynanabilirliği, kuralların netliği, parçaların düzeni ve bütünlüğü	15
İş birliği	Grup üyeleri arasındaki görev paylaşımı ve iletişim	10
Sunum	Oyunun tanıtımı, anlatımın açıklığı ve grup üyelerinin aktif sunumu	15
Test ve İyileştirme	Oyunun deneme süreci sonrası yapılan yapıcı geliştirmeler	10

6. Geliştirme / Değiştirme: Geri bildirimlere göre oyun geliştirilir. Oyun akışı daha anlaşılır hâle getirilir, görsel ve içeriksel düzenlemeler yapılır.

- Tasarımınızı neden değiştirdiniz?
  ……
  ……
  ……
  ……
- Hangi geliştirmeler oyunun çevresel etkisini artırdı?

……
……
……
……

- Yeni oyun planınızı çiziniz veya açıklayınız.

……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……

7. Sunum ve İletişim: Gruplar geliştirdikleri oyunu sınıfa tanıtır. Oyunun amacı, oynanış biçimi, kullanılan malzemeler ve çevresel kazanımlar açıklanır. Sunum sonunda diğer gruplardan değerlendirme alınır.

Etkinliğin Beklenen Etkileri

"Atığı Oyuna Dönüştür" etkinliği, öğrencilerin çevreye yönelik bilişsel, duyuşsal ve psikomotor becerilerini bütüncül biçimde geliştirmeyi hedeflemektedir. Mühendislik tasarım süreci içinde yer alan sorgulama, planlama, üretme ve değerlendirme aşamaları, öğrencilerin bilimin doğası anlayışını desteklerken; oyunlaştırma unsurları öğrenme sürecini motive edici hale getirmektedir.

Etkinlik sonucunda öğrenciler, geri dönüşümün yalnızca bir çevresel gereklilik değil, aynı zamanda yaratıcı düşünme ve tasarımın bir parçası olduğunu fark etmektedir. Bu durum, PISA 2022 Creative Thinking Framework'te vurgulanan "orijinal fikir üretimi ve sosyal açıdan anlamlı yenilik" boyutuyla örtüşmektedir.

Sanat bileşeninin entegrasyonu, çevre estetiği ve sürdürülebilir tasarım ilkelerinin kavratılmasını sağlamaktadır. Öğrenciler, renk, form ve denge unsurlarını kullanarak atık malzemelere yeni bir işlev kazandırmakta; bu süreç, çevreye duyarlı estetik farkındalık oluşturmak açısından önem taşımaktadır.

Bu etkinlik, ortaokul düzeyindeki öğrencilerin çevre sorunlarına yenilikçi çözümler üretmesini teşvik eden, mühendislik tasarım süreciyle bütünleştirilmiş özgün bir STEAM uygulamasıdır. Etkinlikte öğrenciler hem fen bilimleri bilgilerini hem de yaratıcılık, iş birliği ve sorumluluk gibi 21. yüzyıl becerilerini geliştirme fırsatı bulmaktadır. Etkinlik, farklı yaş düzeylerine veya ders içeriklerine göre uyarlanabilir. Dijital araçlar (örneğin Canva, Tinkercad veya çevrim içi oyun kartı üretim yazılımları) entegre edilerek dijital bir sürüm de geliştirilebilir. Bu tür etkinliklerin yaygınlaştırılması, sürdürülebilirlik bilincinin erken yaşta kazandırılmasına ve öğrencilerin çevresel sorunlara duyarlı aktif yurttaşlar olarak yetişmesine katkı sağlayacaktır.

Tartışma ve Öneriler

Bu çalışma kapsamında geliştirilen "Atığı Oyuna Dönüştür" etkinliği, fen, teknoloji, mühendislik, matematik ve sanat disiplinlerini bütünleştiren yenilikçi bir STEAM

uygulaması olarak, öğrencilerin geri dönüşüm, atık yönetimi ve sürdürülebilirlik konularında farkındalık kazanmalarını hedeflemektedir. Etkinlik, öğrencilerin yalnızca bilgi edinmelerini değil, aynı zamanda mühendislik tasarım süreci aracılığıyla çevreye duyarlı, işlevsel ve estetik bir ürün ortaya koymalarını sağlamaktadır. Bu yönüyle, çalışmanın temel amacı olan disiplinlerarası öğrenme deneyimleri yoluyla çevre bilincinin geliştirilmesi hedefi başarıyla desteklenmektedir.

Etkinlik ile öğrenciler yaratıcı düşünme, problem çözme, ekip çalışması ve eleştirel düşünme gibi 21. yüzyıl becerilerini etkin biçimde kullanabilirler. Öğrenciler, geri dönüştürülebilir materyalleri anlamlı biçimde dönüştürerek hem çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlama bilinci geliştirirken hem de tasarım sürecinde mühendislik ve matematiksel düşünme becerilerini bütüncül bir şekilde kullanırlar. Bybee (2013) STEM eğitiminin amacını, öğrencilerin gerçek yaşam problemleriyle ilişkilendirilen, anlamlı öğrenme deneyimleri yoluyla bilimsel okuryazarlıklarını geliştirmek olarak tanımlamaktadır.

Tarihsel olarak incelendiğinde, STEM alanlarında çalışan birçok bilim insanı -örneğin Rachel Carson, Wangari Maathai, Thomas Edison, Nikola Tesla ve Jane Goodall- bilimsel bilgi ve teknolojiyi yalnızca keşif amacıyla değil, toplumsal ve çevresel sorunlara çözüm geliştirme aracı olarak kullanmışlardır. Bu etkinlikte öğrencilerin bu tarihsel örneklerden esinlenerek, kendi toplumsal çevreleri için anlamlı ürünler geliştirmeleri, STEM kimliği oluşumunun erken yaşlarda desteklenebileceğini göstermektedir. STEM tarihinde bilim insanlarının topluma katkılarını anlamanın, öğrencilerin

kendilerini bu alanlarda konumlandırma süreçlerini olumlu etkilediğini ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Honey, vd., 2014; Nadelson ve Seifert, 2017). Etkinliğin uygulanması sonucunda öğrencilerin disiplinlerarası düşünme ve yaratıcılık becerilerinin gelişmesi düşünülmektedir. Bu durum, sanatın STEM sürecine entegrasyonunun öğrenme deneyimini zenginleştirdiğini ve STEAM yaklaşımının öğrenci motivasyonunu artırdığını destekleyen çalışmalarla (Henriksen, 2014; Yakman ve Lee, 2012) örtüşmektedir. Özellikle öğrencilerin oyunun görsel tasarımını planlarken çevresel estetik unsurları dikkate almaları, sürdürülebilir yaşam bilincinin bilişsel ve duyuşsal düzeyde bütünleştiğini göstermektedir.

Bütünleşik STEAM etkinliklerinin ders programlarına entegre edilmesi, öğrencilerin hem bilimsel hem de çevresel farkındalıklarını güçlendirecektir. Okulların geri dönüştürülebilir materyal atölyeleri kurması ve yerel yönetimlerle iş birliği yaparak sürdürülebilirlik temalı yarışmalar düzenlemesi önerilmektedir. Farklı disiplinlerden öğretmenlerin ortak planlama süreçlerinde bir araya gelerek disiplinlerarası etkinlikler geliştirmeleri önemlidir. Ayrıca, öğrencilerin kendi tasarımlarını dijital ortamda paylaşabilecekleri platformlar oluşturulması, öğrenme sürecini daha görünür ve motive edici hale getirebilir.

Sonuç olarak, "Atığı Oyuna Dönüştür" etkinliği, öğrencilere yalnızca bir öğrenme deneyimi değil, aynı zamanda topluma katkı sağlayan bir üretim kültürü kazandırmaktadır. Bu yönüyle etkinlik, STEM tarihindeki bilim insanlarının topluma

fayda odaklı yaklaşımlarını çağdaş eğitim ortamlarına taşıyan özgün bir örnek olarak değerlendirilebilir.

Önerilen uygulamalar, kaynaklar ve e-kaynaklar

"Atığı Oyuna Dönüştür" etkinliğinde öğrencilerin geri dönüşüm, sürdürülebilirlik ve mühendislik tasarım süreçlerini disiplinlerarası biçimde deneyimlemeleri hedeflenmiştir. Etkinliğin uygulanması sırasında öğretmenler ve öğrenciler, aşağıda belirtilen dijital uygulamalar, basılı kaynaklar ve e-kaynaklardan yararlanabilirler.

Dijital Uygulamalar

- Canva (https://www.canva.com): Oyun kartları, afişler ve oyun tahtası tasarımları için kullanılabilir.
- Tinkercad (https://www.tinkercad.com): Geri dönüştürülmüş materyallerin 3B modellerinin oluşturulmasına imkân sağlar.
- Scratch (https://scratch.mit.edu): Oyunun dijital versiyonlarının kodlanması veya kuralların animasyonlaştırılması için uygundur.
- Google Earth / Google Maps: Yerel atık yönetimi tesislerinin incelenmesi için kullanılabilir.
- Recycling Sort Game (National Geographic Kids, https://kids.nationalgeographic.com/games): Atık sınıflandırma kavramını eğlenceli bir biçimde öğretir.

Basılı Kaynaklar

- Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. Arlington, VA: NSTA Press.

- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (Eds.). (2014). STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research. Washington, DC: National Academies Press.
- Millî Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2024). Fen Bilimleri dersi öğretim programı. Ankara: MEB.
- UNESCO. (2017). Education for sustainable development goals: Learning objectives. Paris: UNESCO Publishing.

E-Kaynaklar ve Etkinlik Örnekleri

- Smithsonian Science Education Center. (n.d.). *Trash to treasure STEM challenge.* https://ssec.si.edu/stemvisions-blog/trash-treasure-stem-challenge
- NASA Education. (n.d.). *Green STEM challenge: Recycle and reuse.* https://www.nasa.gov/education
- U.S. Environmental Protection Agency [EPA]. (n.d.). *Recycling game project.* https://www.epa.gov/recycle
- TED-Ed. (n.d.). *What really happens to the plastic you throw away?* https://ed.ted.com/lessons
- TÜBİTAK Bilim Çocuk Dergisi. (çeşitli sayılar). Geri dönüşüm ve sürdürülebilir yaşam temalı içerikler.
- Eğitim Bilişim Ağı [EBA]. (n.d.). *Sürdürülebilirlik ve çevre temalı etkinlikler.* https://eba.gov.tr

Kaynakça

Beers, S. Z. (2011). *21st century skills: Preparing students for their future.* Retrieved from https://cosee.umaine.edu/files/coseeos/21st_century_skills.pdf

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities.* NSTA Press.

Engineering is Elementary. (2013). *Here comes the sun: Engineering insulated homes.* United States of America: Museum of Science.

Henriksen, D. (2014). Full STEAM ahead: Creativity in excellent STEM teaching practices. *The Transdisciplinary STEAM+ Journal*, *1*(2), 1-7. https://doi.org/10.5642/steam.20140102.15

Honey, M., Pearson G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research.* Washington, DC: The National Academies Press.

Irwanto, I., & Ananda, L. R. (2024). A systematic literature review of STEAM education in the last decade. *AIP Conference Proceedings, 2982*(1). https://doi.org/10.1063/5.0182945

Kim Y. & Park N. (2012) *The effect of STEAM education on elementary school student's creativity improvement.* İçinde Kim T. et al. (Ed.), Computer applications for security, control and system engineering. Berlin: Springer.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Maeda, J. (2013). STEM + Art = STEAM. *The Transdisciplinary STEAM+ Journal*, *1*(1), 1-3. https://doi.org/10.5642/steam.201301.34

Mertala, P., López-Pernas, S., Vartiainen, H., Saqr, M. & Tedre, M. (2024). Digital natives in the scientific literature: A topic modeling approach, *Computers in Human Behavior, 152,* 1-12. https://doi.org/10.1016/j.chb.2023.108076

Milara, I. S., & Orduña, M. C. (2024). Possibilities and challenges of STEAM pedagogies. *arXiv preprint arXiv:2408*, https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.15282

Millî Eğitim Bakanlığı (2018). *İlköğretim Kurumları Fen Bilimleri Dersi Öğretim Programı*. Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Millî Eğitim Bakanlığı (2024). *Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli.* Ankara: Millî Eğitim Bakanlığı Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı.

Nadelson, L. S., & Seifert, A. L. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *The Journal of Educational Research*, *110*(3), 221-223. https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289775

National Aeronautics and Space Administration (NASA). (2011). *Waste limitation management and recycling design challenge educator guide.* NASA Office of STEM Engagement. Retrieved from https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2011/08/396719main_wlmr_educator_guide.pdf

OECD. (2021). *OECD study on social and emotional skills 2021: Technical report.* OECD Publishing.

OECD. (2022). *PISA 2022 creative thinking framework.* OECD Publishing. https://www.oecd.org/pisa/innovation/creative-thinking

Papastergiou, M. (2009). Digital game-based learning in high school computer science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education, 52*(1), 1-12. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.06.004

Park, H., Byun, S., Sim, J., Han, H., & Baek, Y. S. (2016). Teachers' perceptions and practices of STEAM education in South Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 12*(7), 1739-1753. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1531a

Singh, M., Azad, I., Qayyoom, M. A., & Khan, T. (2024). A study on perceptions and practices of STEAM-based education with university students. *Social Sciences & Humanities Open, 10*, https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.101162

Smithsonian Science Education Center. (2021). *Energy! How can we ensure sustainable energy for all?* Washington, DC: Smithsonian Institution. https://www.interacademies.org/sites/default/files/2024-01/Energy_guide_compressed.pdf

Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER), 2*(1), 28-34. https://doi.org/10.5703/1288284314653

Thibaut, L., De Loof, H., & De Meester, J. (2018). Integrated STEM education: A systematic review of instructional practices in secondary education. *European Journal of STEM Education, 3*(1), https://doi.org/10.20897/ejstema/85525

United States Environmental Protection Agency (EPA). (2021). *Recycling game project: Learn about reducing waste and recycling.* Washington, DC: EPA Office of Environmental Education.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes.* Cambridge, MA: Harvard University Press.

Yakman, G, (2008). *STΣ@M Education: an overview of creating a model of integrative education.* Pupils Attitudes Towards Technology 2008 Annual Proceedings. Netherlands.

Yakman, G., & Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the U.S. as a practical educational framework for Korea. Journal of The Korean Association for Science Education, 32(6), 1072-1086. https://doi.org/10.14697/jkase.2012.32.6.1072

Ek 1. Ölçme ve değerlendirme amaçlı kullanılabilecek sorular

Soru-1: Senaryo-Çok Adımlı Açık Uçlu

Metin: Okulunuzun bahçesinde toplanan atıklardan bir gözlem yaptınız. Plastik şişeler, cam kırıkları, ıslak karton parçaları ve karışık organik atık (yiyecek artıkları) tespit ettiniz. Sizden şu dört görevde rehberlik isteniyor:
a) Bu maddeleri geri dönüştürülebilen/dönüştürülemeyen olarak sınıflandırınız.
b) Her bir geri dönüştürülebilen madde için uygun geri dönüşüm/arıtma yöntemini tek cümleyle yazınız.
c) Bu atık topluluğunun çevresel ve ekonomik açıdan neden sorun olabileceğine dair iki bilimsel çıkarım yapınız (her biri 2-3 cümle).
d) Okul bahçesi için kısa vadeli (1-2 ay) ve uzun vadeli (1 yıl) iki çözüm önerisi geliştirin; en az bir öneri kaynak tasarrufu ve maliyet tasarrufu da içermeli.

Kazanımlarla ilişki: FB.5.7.1.1, FB.5.7.1.2, FB.6.7.2.2, FB.7.7.2.1

Puanlama rubriği (toplam 10 puan):

- (a) Doğru sınıflandırma-her doğru madde için 0,5 puan (maks 4 madde x 0.5 = 2 puan).
- (b) Yöntem açıklamaları-her uygun kısa açıklama 0,75 puan (maks 3 madde = 2.25 puan).
- (c) Bilimsel çıkarımlar-her çıkarım için 1,5 puan; çıkarımda çevresel + bilimsel gerekçe olmalı (maks 2 çıkarım = 3 puan).
- (d) Çözüm önerileri-kısa vadeli 1 puan, uzun vadeli 1,75 puan (uzun vadeli öneride kaynak/maliyet tasarrufu belirtilmişse tam puan).

- **Toplam= 10 puan.** (puan aralıklarıyla kısmi puan verilebilir; örn. açıklama kısmi doğruysa yarım puan ver.)

Soru-2: Veri/Tablo Yorumlama-Çoktan Seçmeli-Kısa Cevap

Metin: Aşağıda 6 aylık okul atık toplama verileri verilmiştir:

- Ocak: Plastik 12 kg, Kâğıt 20 kg, Cam 4 kg, Organik 30 kg
- Şubat: Plastik 15 kg, Kâğıt 18 kg, Cam 3 kg, Organik 28 kg
- Mart: Plastik 20 kg, Kâğıt 22 kg, Cam 5 kg, Organik 35 kg

a) Verilere bakarak en hızlı artış gösteren atık türü hangisidir? (çoktan seçmeli; 1 puan)
b) Eğer okul, kağıt tüketimini %30 azaltmak istiyorsa hangi üç somut önlemi uygularsınız? Her önlem için beklenen yıllık kâğıt tasarrufunu tahmini olarak yazın (kısa hesap + 1-2 cümle). (toplam 4 puan)
c) Verilerde organik atığın yüksek olmasının olası iki nedeni nedir ve bu konuda bir okul içi çözümün sosyal-duygusal bir faydası ne olabilir? (2 cümle + 1 cümle; 2 puan)

Kazanımlarla ilişki: FB.5.7.1.1, FB.5.7.1.2, FB.7.7.2.1, FB.6.7.2.2

Puanlama (toplam 7 puan):

- (a) Doğru seçenek: 1 puan.
- (b) Her somut önlem için mantıklı ve uygulanabilir öneri + basit hesap: 1 puan / öneri (3 puan). Eğer hesapta mantık hatası yoksa tam puan; kısmi hesap için 0,5 puan.
- (c) Neden (1 puan) + sosyal-duygusal faydası (1 puan).

Soru-3: Uygulamalı-Performans Görevi

Metin: Öğrenciler 3–4 kişilik gruplar halinde "Atık Azaltma Pilot Uygulaması" yapacaklar: 4 hafta boyunca sınıf atıklarını kaydedecek, bir değişiklik (ör. atık ayırma kutuları, broşür kampanyası, yeniden kullanım köşesi) uygulayacak ve sonuçları raporlayacak. Her grup raporda: veri toplayacak (haftalık kg), müdahalenin etkililiğini grafikle gösterecek, öğrenci davranış değişikliğini ölçen kısa anket (sosyal-duygusal bir madde) uygulayacak ve sonuçları sınıfa sunacak.

Kazanımlarla ilişki: FB.6.7.2.2, FB.5.7.1.1, FB.5.7.1.2, FB.7.7.2.1

Değerlendirme kriterleri (rubrik — toplam 20 puan):

- Veri toplama doğruluğu ve sürekliliği: 5 puan
- Müdahalenin uygulanması / yenilikçilik: 5 puan
- Veri analizi ve grafiksel sunum (anlamlı yorum): 4 puan
- Anket ve davranış değişikliğinin raporu (kısa analiz): 3 puan
- Sunum ve takım çalışması (sorumluluk paylaşımı, zaman yönetimi): 3 puan

Ek 2. Örnek Oyun Tasarımı

Amaç:

Oyuncuların, farklı evsel atıkları doğru kategorilere (organik, plastik, kâğıt, cam, metal) ayırarak çevreye katkı sağlayacak görevleri tamamlaması.

Malzeme Önerileri:

Oyun Parçası	Önerilen Atık Malzemeler
Oyun tahtası	Karton koli kapağı, eski dergi kâğıtları
Zar	Yumurta kartonu parçası veya pet şişe kapağı
Piyonlar	Plastik kapaklar veya mantar tıpa
Kartlar (görev, bilgi)	Kullanılmış kâğıtlar, eski tebrik kartları
Geri dönüşüm kutuları	Tuvalet kâğıdı ruloları

Oyun Başlangıcı:

- Her oyuncu bir piyon seçer.
- Sıralama belirlenir (zar atılarak ya da kura çekilerek).
- Oyuncular, başlangıç kutusuna yerleştirilir.

Tur Sırası:

- Oyuncu zar atar ve oyun tahtasında çıkan kadar iler-

  ler.

- Geldiği karede ne tür kart olduğu belirtilmiştir:

- Görev Kartı
- Sürpriz Kartı
- Doğa Dostu Bilgi Kartı
- Geri Dönüşüm Kutusu
- Geri Dönüşüm Hatası
- Bonus Alanı

Kartların Açıklaması:

Görev Kartı: Karttaki 3 atığı doğru kategoriye (kâğıt, plastik, cam, metal, organik) sınıflandırması istenir. Doğruysa +10 puan / yanlışsa -5 puan.
Bilgi Kartı:
Oyuncuya çevresel bir soru gelir. (Örn: "Kâğıt doğada kaç yılda yok olur?")
Doğruysa +5 puan ve 1 kare daha ilerle / yanlışsa olduğu yerde kalır.

Geri Dönüşüm Hatası:
Atığı yanlış yere attığın için -10 puan ve 1 kare geri.

Sürpriz Kartı:
"Komşularına geri dönüşüm eğitimi verdin! +15 puan" gibi eğlenceli olaylar içerir.

*Bonus Alanı***:**
"Sıfır atık haftası etkinliğine katıldın, doğrudan Geri Dönüşüm Kutusuna git." gibi avantajlar verir.

Oyunun Bitişi:

- Tüm oyuncular oyun alanını tamamladığında oyun sona erer.

- En çok çevre puanını toplayan oyuncu veya grup oyunu kazanır.

Kazandırdığı Beceriler:

- Geri dönüşüm malzemelerini tanıma
- Atık sınıflandırma (FB.5.7.1.1)
- Geri dönüşümün faydalarını anlama (FB.5.7.1.2)
- Hızlı karar verme
- Bilgiyi oyun içinde uygulama
- Sınıflandırma, analiz, işbirliği
- Matematiksel düşünme (puanlama, zar, strateji)

Opsiyonel Geliştirmeler:

- Kartlara QR kod eklenip video destekli çevre bilgileri sunulabilir.
- Dijital skor cetveli yapılabilir (isteğe bağlı).
- Oyunun mobil ya da web sürümü prototipi çizilebilir.

STEM Eğitiminin Toplumsal ve Kültürel Boyutları

Fatma ALACA

Osmaniye Şehit Veli Demiryürek Bilim ve Sanat Merkezi

Öz

Bu bölüm, STEM eğitiminin yalnızca bilişsel ve teknik yönlerine değil, aynı zamanda toplumsal, kültürel ve etik boyutlarına da odaklanarak, alanyazındaki indirgemeci yaklaşımlara eleştirel bir perspektif sunmaktadır. Çalışmanın temel amacı, STEM pedagojisinin Türkiye bağlamında kültürel değerler, toplumsal eşitlik ve sosyal sorumluluk ilkeleriyle nasıl bütünleştiğini açıklamak ve bu ilişkileri kavramsal düzeyde görünür kılmaktır. Bu amaç doğrultusunda, 2000–2025 yılları arasında yayımlanan ulusal ve uluslararası araştırmalar sistematik olarak incelenmiş; STEM eğitiminin sosyo-kültürel dönüşüm potansiyelini değerlendiren kuramsal bir analiz gerçekleştirilmiştir. Bölümde geliştirilen STEM'in Kültürel ve Toplumsal Etki Modeli (SKTEM); Vygotsky' nin sosyokültürel öğrenme kuramı, Bourdieu'nun kültürel sermaye teorisi, Deci ve Ryan' ın öz belirleme kuramı ve Bronfenbrenner'in ekolojik sistemler yaklaşımı gibi kuramsal temeller üzerine inşa edilmiştir. Model, STEM eğitiminin yalnızca bilgi üretimi süreci olmadığını; aynı zamanda kültürel kimlik, aidiyet, toplumsal adalet ve etik farkındalık temelli bir öğrenme ekosistemi olduğunu ileri sürmektedir. Bulgular, Türkiye'deki STEM araştırmalarının son yıllarda kültürel duyarlılık, eşitlik ve yerel değerler

ISBN: 978-625-6276-47-5

ekseninde genişlediğini, bu yönüyle uluslararası kültürel duyarlığa dayalı pedagoji ve EtnoSTEM yaklaşımlarıyla örtüştüğünü göstermektedir. Bu çalışma, STEM eğitiminin toplumsal boyutlarını sistematik biçimde ele alan özgün bir model önermesi bakımından literatüre önemli bir katkı sunmaktadır. SKTEM modeli, öğretmen eğitimi, müfredat geliştirme ve eğitim politikaları açısından kültürel farkındalık odaklı yeni bir bakış açısı sağlamaktadır. Sonuç olarak, çalışma STEM'i yalnızca teknik bir alan değil, insani değerlerle bütünleşen sosyal bir dönüşüm paradigması olarak konumlandırmaktadır.

Giriş

STEM eğitimi, bireylere yalnızca akademik bilgi ve beceri kazandırmakla kalmayıp, aynı zamanda toplumsal ve kültürel bağlamları da şekillendiren bir eğitim yaklaşımıdır. Gerçek yaşamdan alınan problemlerin disiplinler arası ve iş birliğine dayalı bir yaklaşımla çözülmesi, STEM'in toplumsal ve kültürel boyutlarını daha görünür ve derinlikli hale getirmektedir. Bu bağlamda, STEM eğitimine erişim; toplumsal cinsiyet, göçmen ve kültürel kimlik, bölgesel eşitsizlikler ve dijital uçurum gibi faktörlerden doğrudan etkilenmektedir (Honey, Pearson & Schweingruber, 2014; OECD, 2022). Günümüzde STEM eğitimi, eğitim politikalarının ve ekonomik stratejilerin merkezinde yer almakla birlikte, bu alanın yalnızca bilişsel veya teknik çıktılarla sınırlandırılamayacağı giderek daha fazla kabul görmektedir. STEM öğrenimi aynı zamanda öğrencilerin kimlik inşası, aidiyet duygusu, kültürel pratiklerle ilişkisi ve toplumsal yapıların etkisi çerçevesinde ele alınması gereken sosyo-kültürel bir olgudur.

Bu nedenle bu bölüm, STEM'i yalnızca mühendislik veya fen eğitimi bağlamında değil; toplumsal ilişkiler, kültürel normlar, kimlik süreçleri ve eşitsizlikler bağlamında incelemektedir. Bu yaklaşım, öğrenmenin kültürel bağlamdan bağımsız olamayacağını savunan kuramsal görüşlerle örtüşmektedir. Kültürel yaklaşımlar, öğrenmeyi bireysel bilişsel süreçlerden ziyade kişilerarası etkileşim ve kültürel bağlam içinde konumlandırır; böylece öğrenme, hedefler ve kimlik arasındaki çift yönlü ilişkiyi vurgular. Nasir (2002), matematik öğrenimini öğrencilerin hedefleri ve kültürel uygulamalarıyla ilişkilendirerek, öğrenme süreçlerinin toplumsal yapılar ve kültürel anlamlarla nasıl iç içe geçtiğini göstermiştir. Benzer biçimde, kültürel olarak duyarlı pedagojiler, öğretim uygulamalarını öğrencilerin kültürel deneyimleriyle

ilişkilendirmenin hem akademik başarıya hem de kültürel yeterliliğe katkı sunduğunu öne sürmektedir. Bu kuramsal çerçeveler STEM alanına uyarlandığında, yalnızca içerik aktarımına değil; öğrencilerin özgün kültürel deneyimlerinin öğrenme sürecinin merkezine yerleştirilmesine de önem verilmektedir.

Toplumsal ve kültürel boyutların incelenmesi, eğitimdeki eşitsizlikleri ve temsiliyet sorunlarını görünür kılar. Cinsiyet, etnik kimlik, sosyoekonomik konum ve diğer toplumsal kimlikler, öğrencilerin STEM'e erişimi, alandaki kalıcılığı ve kariyer tercihleri üzerinde belirleyici rol oynamaktadır. Bu bağlamda hem nicel göstergeler hem de nitel veriler, eğitimde adaletin değerlendirilmesinde önem taşımaktadır. Uluslararası kuruluşların raporları, kız çocuklarının ve dezavantajlı grupların STEM pratiklerine katılımında kültürel ve yapısal engellerin hâlen sürdüğünü; buna karşılık mentorluk programları, kültürel olarak duyarlı öğretim uygulamaları, yerel bilgi entegrasyonu ve toplum temelli öğrenme modellerinin olumlu sonuçlar verdiğini ortaya koymaktadır (UNESCO, 2017; OECD, 2022).

Bu bölümde ayrıca *EtnoSTEM* ve kültürel bilgiyle ilişkilendirilmiş STEM uygulamaları gibi çağdaş yaklaşımlar da incelenmiştir. Bu girişimler, öğrencilerin kendi kültürel miraslarıyla bilimsel ve mühendisliksel kavramlar arasında anlamlı bağlar kurmalarını sağlayarak öğrenme motivasyonlarını güçlendirmektedir. Metodolojik olarak bu bölüm, disiplinler arası araştırmalardan elde edilen kuramsal çerçevelerle birlikte makaleler, raporlar, sistematik derlemeler, tezler ve vaka çalışmaları gibi ampirik kanıtları sentezlemiştir. Bu yöntem, sistematik derleme ve kavramsal analiz tekniklerinin bütünleştirildiği betimsel bir yaklaşıma dayanmaktadır. Amaç hem akademik topluluğa hem de uygulayıcılara rehberlik edecek, kanıta dayalı, kültürel olarak

duyarlı bir STEM eğitimi çerçevesi sunmaktır. Bu kapsamda, "Hangi pedagojik stratejiler hangi bağlamlarda etkili?", "Hangi kurumsal düzenlemeler toplumsal eşitliği güçlendiriyor?" ve "Gelecekte hangi araştırma boşlukları giderilmeli?" sorularına yanıt aranmıştır.

Önem

Bu kitap bölümü, STEM eğitiminin yalnızca bilişsel ve teknik boyutlarıyla değil, aynı zamanda toplumsal, kültürel ve etik yönleriyle de ele alınması gerektiğini savunan çağdaş yaklaşımların Türkiye bağlamına uyarlanmasına yönelik özgün bir katkı sunmaktadır. Literatürde STEM pedagojisi genellikle bilimsel okuryazarlık, problem çözme ve yenilikçilik gibi bilişsel çıktılarla ilişkilendirilmiştir (Bybee, 2013; English, 2016). Ancak son yıllarda yapılan araştırmalar, STEM'in aynı zamanda kültürel kimlik, toplumsal adalet, cinsiyet eşitliği ve sürdürülebilir kalkınma ile doğrudan ilişkili olduğunu ortaya koymuştur (UNESCO, 2017; Johnson & Elliott, 2020). Bu çalışma, söz konusu eğilimleri Türkiye'nin sosyo-kültürel yapısı içinde analiz ederek, STEM'in toplumsal ve kültürel bağlamda yeniden konumlandırılmasına yönelik yeni bir kuramsal zemin geliştirmiştir. Bu bölümün en önemli katkılarından biri, STEM eğitimine ilişkin uluslararası modelleri doğrudan aktarmak yerine, bu modellerin temel ilkelerini yerel dinamiklerle bütünleştiren özgün bir kavramsal yapı olan STEM'in Kültürel ve Toplumsal Etki Modeli (SKTEM)'ni önermesidir. Bu model, Vygotsky'nin sosyokültürel öğrenme kuramı, Bourdieu'nun kültürel sermaye kavramı ve Bronfenbrenner'in ekolojik sistemler yaklaşımını bir araya getirerek, STEM pedagojisinin bireysel öğrenmeden çok toplumsal dönüşüm süreçlerine odaklanması gerektiğini ileri sürmektedir. Böylece çalışma, yalnızca eğitim teorisine değil, aynı zamanda

kültürel sürdürülebilirlik ve eğitimde adalet tartışmalarına da disiplinler arası bir katkı sunmaktadır.

Özgünlüğü açısından bakıldığında, bu çalışma Türkiye'de STEM eğitiminin toplumsal ve kültürel boyutlarını sistematik biçimde bir araya getiren ilk kapsamlı model önerilerinden biridir. Mevcut araştırmalar genellikle STEM'in bilişsel kazanımlarını veya teknoloji-temelli yeniliklerini ele alırken, bu bölüm STEM'in insanî, kültürel ve etik yüzünü görünür kılmakta; eğitimde aidiyet, kimlik, eşitlik ve kültürel temsil gibi unsurları merkeze almaktadır (Ay & Seferoğlu, 2021; Koşar, 2022; Kılınç, Geban & Öztürk, 2025). Ayrıca, uluslararası literatürdeki temsillerden farklı olarak, SKTEM modeli kültürel etkileşimi tek yönlü bir aktarım değil, karşılıklı bir öğrenme süreci olarak tanımlar. Bu bakış açısı, STEM eğitiminin hem yerel değerleri koruyan hem de küresel perspektife açık bir biçimde tasarlanabileceğini göstermektedir.

Bu çalışma;

•Araştırmacılar için, STEM'in toplumsal ve kültürel dinamikleri üzerine yeni araştırma yönleri açarak kuramsal bir çerçeve sunmakta,

•Eğitim politikacıları için, kültürel duyarlılık ve eşitlik temelli program geliştirme süreçlerine rehberlik etmekte,

•Öğretmenler ve uygulayıcılar için, öğrencilerin kültürel kimliklerini öğrenme sürecinin merkezine yerleştiren pedagojik stratejiler geliştirmeye olanak tanımaktadır.

Dolayısıyla bu kitap bölümü hem ulusal hem de uluslararası ölçekte STEM eğitiminin sosyal adalet ve kültürel sürdürülebilirlik ekseninde yeniden tanımlanması yönünde önemli bir kuramsal ve

pratik katkı sunmaktadır. Bu yönüyle çalışma, Türkiye'de STEM alanındaki kültürel boyut tartışmalarını yalnızca genişletmekle kalmamakta; aynı zamanda gelecekte yürütülecek araştırmalar için yeni bir epistemolojik yönelim önermektedir.

Kavramsal Çerçeve

Öğrenme ve öğretim süreçleri, salt bireysel bilişsel süreçlerden ibaret değildir; bunlar aynı zamanda tarihsel, toplumsal ve kültürel bağlamlarla derin biçimde iç içedir. Bu anlayış, öğrenmeyi toplumsal–kültürel bir süreç olarak konumlandıran "kültürel-örtük yaklaşımlar" ile başlar. Örneğin, kültür; bir topluluğun ortak olarak geliştirdiği, dönüştürdüğü ve sonraki kuşaklara aktardığı uygulamalar, değerler, dil, normlar ve bilişsel pratiklerin bütünü olarak tanımlanabilir. Bu bağlamda öğrenme, yalnızca bireyin zihinsel gelişimi değil, aynı zamanda kültürel miras, toplumsal pratik ve kimlik inşası ile iç içedir. Bu perspektif, öğrenimin "soyut evrensel bilgi aktarımı" değil, öğrenenin yaşadığı toplumsal ve kültürel bağlamla anlamlı biçimde ilişkilendirilmiş bir süreç olduğunu savunur. Böylece okulda öğretilen bilgi, öğrencilerin kendi dünyaları, deneyimleri ve kültürel geçmişleriyle bağ kurduğunda hem daha anlamlı hem de daha sürdürülebilir bir öğrenme deneyimi haline gelir.

Öğrenme süreçlerinde yalnızca bilişsel çıktı değil; öğrencinin kimliği, amaçları, aidiyet hisleri ve toplumsal konumu da önemlidir. Bu bağlamda, öğrenmeyi anlamlı kılan etkenlerden biri, bireyin kendi kimliği ve toplumsal konfigürasyonu ile eğitimin örtüşmesidir. Bu anlayış, bireylerin yalnızca başarılı olmalarını değil; kendilerini değerli hissetmelerini, "oraya ait" olmalarını ve bilgiyi kendi yaşamlarıyla ilişkilendirmelerini vurgular. Özellikle STEM gibi alanlarda, kimlik – aidiyet – amaç ilişkisinin önemi

büyüktür; çünkü bu alanlar tarihsel olarak egemen kültürlerin bilgi üretim modellerini yansıtmış, dolayısıyla bazı gruplar için yabancı ya da dışlayıcı olmuş olabilir. Bu bağlamda öğrenme, öğrencinin kültürel kimliğini, deneyimlerini ve amaçlarını merkeze alan bir süreç olduğunda; kendini STEM topluluğunun bir parçası olarak görme, aidiyet hissetme ve alanda kalıcılık olasılığı artar. Bu yaklaşım, öğrenmeyi yalnızca bireysel bir başarı ya da beceri kazanımı değil; aynı zamanda kimliksel ve toplumsal konumlanma ile ilişkilendirir. Bu yönüyle, kültür, kimlik ve amaç temelli öğrenme modelleri, STEM eğitiminin toplumsal ve kültürel bağlamını aydınlatmada kritik bir kuramsal altyapı sunar.

1980'lerden itibaren, özellikle azınlık ya da marjinal gruplardan gelen öğrencilerin okulda daha başarılı olabilmeleri ve eğitim ortamında kendilerini daha iyi temsil edilmiş hissetmeleri için kültürel olarak ilgili ve duyarlı pedagojiler geliştirilmiştir. Bu akımda, öğretim sadece evrensel, soyut bilgi aktarımı değil; öğrencilerin yaşam deneyimleri, kültürel geçmişleri, dil ve değerleri dikkate alınarak düzenlenir. Örneğin, Gloria Ladson-Billings tarafından geliştirilen kültürel olarak ilgili pedagojinin üç bileşeni; akademik başarı, kültürel yeterlik ve eleştirel bilinç olarak tanımlanır. Akademik başarı, öğrencilerin okulda bilişsel olarak gelişimlerini sürdürmeleri; kültürel yeterlik ise öğrencilerin kendi kültürlerini tanıma, koruma ve değerlendirme becerisi kazanması olarak tanımlanırken son olarak eleştirel bilinç ise; sosyo-politik farkındalık öğrencilerin sadece bilgi edinmesi değil, bu bilgiyi toplumsal eşitsizlikleri, adaletsizlikleri analiz etmek ve dönüştürmek için kullanabilmesi şeklinde tanımlamıştır. Kültürel olarak duyarlı eğitim anlayışı; öğrencilerin etnik, kültürel, dilsel çeşitliliğini eğitimde avantaja dönüştürmeyi hedefler. Landson Billings, öğrencilerin kültürel deneyimlerinin, miraslarının ve

perspektiflerinin; akademik bilgiyi öğrenmede araç olarak kullanılmasının hem bireysel hem toplumsal gelişime katkıda bulunduğunu savunur. Bu pedagoji yaklaşımı, öğretim sürecini yalnızca okulun resmi bilgi sistemiyle sınırlamayıp; öğrencilerin kendi kültürleri, yaşam deneyimleri ve topluluk dinamikleri ile köprü kurmaya yönelir. Böylece eğitim hem bireysel başarı hem de kültürel aidiyet, aidiyet hissi ve toplumsal adalet perspektifiyle birleştirilmiş olur.

STEM evrensel/tek tip bilim anlayışından çıkıp; kültürel çeşitliliği, yerel anlamı ve toplumsal adaleti merkeze alan bir eğitim vizyonunu olarak öne çıkar. Bu kuramsal çerçeveler, STEM eğitiminin salt teknik bir eylem olarak değil; toplumsal ve kültürel bağlamlarla ilişkili, dinamik ve dönüştürücü bir süreç olarak yeniden düşünülmesini sağlar. Böyle bir yeniden düşünme, eğitimin kapsayıcı olmasını ve tüm öğrenciler için anlamlı hâle gelmesini mümkün kılar, özellikle farklı kültürel geçmişe, etnik kimliğe, dil ve toplumsal konuma sahip öğrenciler için.

STEM Kültürünün Tarihsel ve Coğrafi Değişkenliği

STEM eğitiminin ortaya çıkışı ve yaygınlaşması, yalnızca pedagojik bir tercih değil; aynı zamanda tarihsel döneme, toplumsal koşullara ve coğrafi konuma bağlı dinamiklerin sonucudur. Disiplinler arası fen eğitiminin ve STEM yaklaşımının tarihsel kökenlerine bakıldığında bazı ülkelerde fen eğitiminin disiplinlerarası yönelimlerle uzun yıllardır iç içe olduğu, bazı ülkelerde ise bu yaklaşımın yakın zamanda gündeme geldiği görülebilir. Örneğin, "disiplinlerarası fen eğitiminin STEM'e evrilmesi" üzerine yapılan tarihsel analizler, küresel ölçekte STEM'in yalnızca 21. yüzyılın değil, aynı zamanda önceki dönemlerin bilim ve teknoloji politikalarının bir uzantısı olduğunu göstermektedir.

Coğrafi bağlam açısından ise ülkeler arasında STEM eğitiminin şekillenme biçimlerinde önemli farklılıklar vardır. Bazı ülkelerde mühendislik ve teknoloji odaklı meslekler STEM mezuniyet oranlarının büyük çoğunluğunu oluştururken; bazı ülkelerde doğal bilimler ve matematik gibi disiplinler daha baskındır. Bu durum hem ulusal ekonomi yapıları hem de endüstriyel ihtiyaçlar, politikalar ve kültürel değerlerle ilişkilidir. Örneğin, bir uluslararası karşılaştırma çalışmasına göre Japonya, Almanya, Rusya ve Güney Kore gibi bazı ülkelerde 2019'da STEM mezunlarının %65–80'i mühendislik, imalat ve inşaat alanlarında yoğunlaşırken; ABD, İngiltere, Fransa ve Avustralya'da doğal bilimler, matematik ve istatistik alanları daha yaygındır.

Bu çeşitlilik, STEM kültürünün tek tip, evrensel bir yapı olmadığını; aksine, her toplumda kendi tarihsel-eğitimsel, ekonomik ve kültürel bağlamına göre dönüştüğünü gösterir. Örneğin, bir ülkenin sanayi altyapısı, iş dünyasının ihtiyaçları, devletin bilim-teknoloji politikaları, toplumsal değerler ve eğitim sistemi öncelikleri; hangi STEM disiplinlerinin öne çıkacağını, öğretim programlarının nasıl yapılandırılacağını ve dolayısıyla öğrenci ilgisinin, mezuniyet oranlarının ve kariyer yönelimlerinin ne olacağını belirler. Bu da STEM eğitiminin ve dolayısıyla STEM kültürünün coğrafi olarak heterojen olmasına yol açar. Ayrıca, coğrafi ve ulusal farklılıklar yalnızca mezuniyet oranlarıyla sınırlı kalmaz; erişim, eğitim kalitesi, altyapı, öğretmen niteliği ve toplumsal destek sistemleri gibi yapısal değişkenlerde de farklılıklar görülür. Örneğin, bazı ülkelerde ulusal politika belgeleri, endüstri-üniversite iş birlikleri ve devlet destekleriyle köklü bir STEM altyapısı varken; diğerlerinde bu olanaklar zayıf olabilir. Bu durum hem bireylerin STEM'e erişimini hem de STEM kültürünün toplumsal yayılımını etkiler. Karşılaştırmalı politika

analizleri, ülkelerin STEM politikalarının çeşitliliğini ve bu politikaların eğitimin niteliği ve yayılımı üzerindeki etkisini ortaya koymuştur. Öte yandan, coğrafi farklılık yalnızca ulus devletlerle sınırlı değil: bazı topluluklar, özellikle yerli halklar ya da etnik azınlık grupları, hâlihazırda kurulu STEM kültürlerinin dışında kalabiliyor; bu da STEM'e katılımda eşitsizliklere, temsil sorunlarına ve aidiyet zorluklarına yol açabiliyor. Bazı araştırmalar, yerli ve yerli olmayan öğrenci topluluklarının STEM'e erişim ve katılımda karşılaştıkları tarihsel ve yapısal engelleri vurgulamaktadır. Son yıllarda küreselleşme, dijitalleşme, internetin ve uluslararası iş gücü pazarlarının yaygınlığı gibi faktörler, STEM kültürünün yayılımını ve dönüşümünü hızlandırmıştır. Bu süreçte, geleneksel olarak Batı merkezli bilgi paradigmasının yanı sıra farklı kültürel ya da pratik bilgi sistemlerinin STEM'e dahil edilmesi yönünde kimi tartışmalar da artmaktadır. Bu durum da STEM kültürünü daha heterojen, kapsayıcı ve esnek hâle getirme potansiyeli taşımaktadır. Bu evrim, yalnızca disiplinler arası öğrenmeyi değil; kültürel çeşitliliği, yerel bilgi sistemlerini ve global bağlamda adil erişimi de gündeme taşımaktadır.

Sonuç olarak, STEM kültürünün tarihsel ve coğrafi olarak değişkenliği; bu alanın tek tip, sabit bir eğitim modeli değil; toplumsal, ekonomik, kültürel ve kurumsal koşullara göre şekillenen dinamik bir yapı olduğunu gösterir. Bu gerçeklik, STEM eğitimi üzerine yapılacak politika, program tasarımı ve öğretim uygulamalarında bağlam duyarlılığını, yerel ihtiyaç ve kültürleri dikkate almayı zorunlu kılar.

STEM Aidiyeti

Kültür ve toplumsal kimlik kuramları, bireyin öğrenme süreçlerinde yalnızca bilişsel değil, kimliksel ve sosyal yönlerinin

de önemli olduğunu vurgular. Özellikle eğitim bağlamında, kimlik temelli yaklaşımlar, öğrencilerin kendi geçmişleri, deneyimleri, kültürel ve sosyoekonomik konumları ile okul/alan kimliği arasında nasıl köprü kurduklarını analiz eder. Bu yaklaşımlar, klasik bilgi aktarımı modelinin ötesine geçer; öğrenmeyi, bireyin hem kendini hem bağlamını dönüştürmesine açık dinamik bir süreç olarak görür. Bu bağlamda, aidiyet yalnızca psikolojik bir kavram değil; toplumsal ilişkiler, topluluk pratikleri, temsil ve görünürlük ile bağlantılı bir yapıdır. Bir öğrenci kendini STEM alanında "orada" hissettiğinde; bu, hem bireysel inanç, yetkinlik algısı ve motivasyonun ürünüdür hem de sosyal ortamın, topluluk duygusunun, toplumsal kabulün sonucudur.

Son yıllarda yapılan araştırmalar, STEM alanlarına yönelik **aidiyet hissinin** öğrencilerin başarıları, motivasyonları ve alanda kalıcılıkları üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Duan vd. (2025), az temsil edilen ilköğretim öğrencileriyle yürüttüğü araştırmasında, robotiğe dayalı eğitim programına katılan öğrencilerin STEM kimliği düzeylerinde anlamlı artış olduğu görülmüştür. Bu bulgu, STEM kimliğinin yalnızca teknik yeterliklerle değil; **aidiyet, görünürlük ve desteklenme duygusuyla** da yakından ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır. Dost (2024), farklı öğrenim düzeylerinden 313 öğrenciyle yapılan çalışmasında, STEM'e aidiyet duygusunun "kendini güvende, rahat ve topluluğa ait hissetme" biçiminde tanımlandığı belirtmiştir. Öğrenciler bu süreci genellikle dört aşamada yaşamaktadır: uyum, bütünleşme, devamlılık ve geçiş. Bu sonuçlar, kimlik, aidiyet ve temsil bileşenlerinin öğrencilerin STEM'e katılımını, alanda kalıcılığını ve başarısını güçlü biçimde etkilediğini; yalnızca bireysel yeteneğin değil, sosyal bağların,

topluluk hissinin ve kültürel uyumun da kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

Sosyo-Kültürel Farklılıklar ve Eşitsizlik Dinamikleri

Her öğrencinin aidiyet/kimlik deneyimi aynı değildir. Kimlikleri, cinsiyeti, sosyoekonomik durumu, kültürel geçmişi farklı olan öğrenciler, STEM ortamlarında aidiyet ve temsil açısından farklı deneyimler yaşayabilir. Aidiyet hissetmeme, yabancılaştırılma, görünmezlik, uygunsuzluk gibi hissiyatlar özellikle marjinal gruplarda STEM'e katılımı ve devamlılığı zayıflatabilir. Bu yüzden, sadece akademik yeterlik değil; toplumsal ve kültürel kapsayıcılık, çeşitlilik ve adalet odaklı pedagojiler, politika ve programlar kritik önemdedir.

Araştırmalar, bu kapsayıcılığı sağlamak için, öğretim ortamlarının ve topluluklarının yapılandırılmasının, öğrencilerin deneyimlerinin, geçmişlerinin ve kimliklerinin görünür ve saygıdeğer kılınmasının gerekli olduğunu göstermektedir. Örneğin, akran desteği, mentorluk, topluluk, kulüp desteği gibi sosyal yapılar; öğretmen ve müfredat anlayışı, kültürel farkındalık ve duyarlılık; temsil edilen kişilerin çeşitliliği bu süreci olumlu etkileyebilir.

Kültürel ve Toplumsal Engeller

STEM alanlarının toplumsal ve kültürel olarak heterojen öğrenci gruplarına açık olması gerekir; ancak çeşitli engeller bu idealin gerisinde kalınmasına yol açar. Bu engeller arasında yaygın önyargılar, sosyoekonomik ve kurumsal eşitsizlikler, toplumsal cinsiyet normları, kaynaklara erişim farklılıkları ve yapısal bariyerler öne çıkar.

Birçok ülkede, STEM alanları hâlâ "erkek işi" veya "erkeklere uygun" disiplinler olarak algılanmaktadır; bu algı hem toplumsal cinsiyet normlarından kaynaklanmakta hem de erken yaşta başlayan sosyalizasyon süreçleriyle pekiştirilmektedir. UNESCO'nun 2017 tarihli raporuna göre, küresel ölçekte kadınlar STEM lisanslarında yalnızca %35 oranında yer almakta; bu oran, on yıl içinde kayda değer biçimde değişmemiştir. Söz konusu rapor, stereotiplerin, önyargıların ve toplumsal cinsiyet normlarının kız çocuklarının STEM'e yönelimini; hatta STEM'de kalıcılığını ciddi ölçüde sınırlandırdığını ortaya koymaktadır. Bu durum yalnızca kayıt oranları ile değil; öğrencilerin kendine güveni, matematik/fen ile kurduğu ilişki, motivasyonu ve okulda kendini ait hissetmesi düzeylerinde de olumsuz etkiler yaratır. Örneğin, bazı öğrenciler özellikle kız öğrenciler STEM derslerinde "yetersizlik" hissi, "aidiyet eksikliği" veya "uygunsuzluk" algısı yaşayabilir; bu da hem ders performansını hem de STEM'i tercih etme kararlarını etkiler. Bu nedenle toplumsal cinsiyet temelli stereotiplerle mücadele, yalnızca nicel eşitlik için değil; öğrencilerin öz-yeterlik, aidiyet ve kimlik duygularını koruyabilmeleri için de hayati önemdedir.

Sadece bireysel algılar değil; okul sisteminin, müfredat yapısının, öğretmen tutumlarının, eğitim ortamlarının ve toplumsal politikaların kendisi de eşitsizliklere zemin hazırlayabilir. Son dönem derlemeleri, birçok üniversite ve eğitim kurumunda hâlâ destekleyici olmayan çevresel / kurumsal koşulların; marjinal veya az temsil edilen gruplardan gelen öğrencilerin STEM'e devamını zorlaştırdığını göstermektedir. Örneğin, kurumsal yapıların yeterince kapsayıcı olmaması, laboratuvar, danışmanlık, mentorluk, maddi destek vs. imkanların eşitsiz dağılımı; özellikle dezavantajlı gruplardan gelen öğrencilerin STEM'de başarıya

ulaşmasını engeller. Ayrıca, stereotip tehdidi ve aidiyet hissi eksikliği gibi psikososyal engeller de kurumsal destek mekanizmalarının yokluğu ile birleştiğinde, öğrencilerin STEM yolculuğundan çekilmesine yol açabilir.

Toplumsal cinsiyet yalnızca bir boyut; kimlik, etnik köken, sosyoekonomik durum, aile geçmişi, okul tipi, coğrafi konum gibi faktörler de STEM'e erişim ve devamlılık üzerinde belirleyici olabilir. Özellikle dezavantajlı sosyoekonomik geçmişe sahip öğrenciler hem maddi kısıtlılıklar hem de okul koşulları, rehberlik/öğretmen desteği ve çevresel beklentiler nedeniyle STEM'e yönelmede dezavantajlı olabilir. Buna ek olarak, az temsil edilen grupların örneğin etnik azınlıkların, göçmen kökenlilerin yaşadığı dışlanma, uygunluk algısı, kültürel uyumsuzluk, dil bariyerleri veya sosyal destek eksikliği de eşitsizlikleri derinleştirebilir. Böyle gruplar için STEM yalnızca akademik bir yol değil; kültürel kimlik, aitlik ve görünürlük sorunu haline gelebilir.

Öğretmenlerin, okul yöneticilerinin ve okullardaki genel kültürün tutumları, STEM'de eşitlikçi veya önyargılı bir ortam yaratılmasında kritik öneme sahiptir. Bazı araştırmalar, öğretmenlerin "resmen" eşitliğe inandıklarını belirtmelerine rağmen, stereotipleri veya cinsiyet temelli beklentileri içsel olarak sürdürebildiklerini göstermektedir. Bu durum, formal eşitlik ile gerçek eşitlik arasındaki derin farkı ortaya koyar. Dolayısıyla; sadece politik söylemlerle veya kâğıt üzerinde yazılmış eşitlik politikalarıyla yetinmek yeterli değildir. STEM eğitiminin kapsayıcı olabilmesi için öğretmen eğitimi, kurumsal farkındalık, mentorluk, kaynak eşitliği ve toplumsal normlara eleştirel bakış gereklidir.

Tüm bu bireysel, toplumsal ve kurumsal engeller, uzun vadede STEM alanlarında eşitsizliklerin devamına ve yeniden üretimine

neden olur. Az temsil edilen gruplardan gelen öğrenciler, yüksek oranlarda STEM'den ayrılabilir; bu da hem bireylerin potansiyelini boşa çıkarır hem de toplumsal olarak bilimsel çeşitliliği ve toplumsal adaleti zedeler. Bu döngünün kırılması için yalnızca erişim değil; aidiyet, destek, temsiliyet ve eşitlik temelli yapısal dönüşümler gereklidir. Bu nedenle, STEM eğitiminin toplumsal boyutlarını anlamak ve müdahale etmek isteyen politika yapıcılar, eğitim yöneticileri, program tasarımcıları ve öğretmenler; yalnızca müfredat veya teknik yeterliliklere odaklanmak yerine, sosyo-kültürel eşitsizlikler, normlar ve yapısal bariyerlerle de aktif olarak uğraşmalıdır.

Sınıf İçi Uygulamalar

STEM eğitiminin toplumsal ve kültürel boyutlarını dikkate almak, yalnızca kuramsal bir tercih değil; pratikte uygulanabilir pedagojiler geliştirmeyi gerektirir. Kültürel olarak duyarlı ve ilgili pedagojiler yaklaşımı, öğrencilerin kendi kültürel geçmişleri, yaşam deneyimleri, değerleri ve kimlikleriyle uyumlu öğretim etkinlikleri tasarlamayı önerir. Bu yaklaşımın STEM'e uygulanması, eğitimcilerin yalnızca içerik aktarmayı değil; öğrencilerin dünyalarına, toplumsal gerçekliklerine, değerlerine ve deneyimlerine saygı duyarak; bu gerçeklikleri müfredata entegre ederek dersler tasarlamasını gerektirir. Örneğin yerel çevre, topluluk sorunları, günlük yaşamın teknolojik ve fen ile ilişkisi, geleneksel bilgi sistemleri gibi öğeler, proje-temelli STEM etkinliklerine, tartışmalara, araştırmalara dahil edilebilir. Bu sayede öğrenilen bilgiler soyut kalmaz; öğrencilerin gerçek yaşamlarına dokunur, anlam kazanır ve sahiplenilir.

Kültürel olarak ilgili STEM öğretim modelleri, özellikle az temsil edilen gruplardan gelen öğrenciler için hem erişilebilirliği hem de

başarıyı artırabilir. Böylelikle, teknik becerilerin ötesinde "kimliksel," "kültürel" ve "toplumsal" statü kazanımı da sağlanmış olur. Ancak bu yaklaşımların uygulanmasında birtakım zorluklar da vardır. Öğretmenlerin yeterli kültürel farkındalığa ve pedagojik beceriye sahip olmaması; müfredatın yoğunluğu, standart sınav baskısı, kaynak sınırlılıkları veya yönetsel direnç gibi faktörler; kültürel olarak duyarlı pedagojilerin sürdürülebilirliğini zorlaştırabilir. Bu durum, ideal teori ile uygulama arasındaki uçurumu gösterir ve bu nedenle bu pedagojilerin başarılı olabilmesi için hem öğretmen eğitimi hem kurumsal destek hem de toplum-okul iş birliği gereklidir.

Türkiye'de STEM Eğitimi Uygulamaları ve Scientix Örneği

Türkiye'de STEM eğitimi son on yılda hem politika belgelerinde hem de öğretmen eğitimi uygulamalarında öncelikli alan hâline gelmiştir. Milli Eğitim Bakanlığı (MEB) bünyesinde yürütülen projeler, öğretmenlerin pedagojik dönüşümünü ve sınıf içi uygulamaların güçlendirilmesini hedeflemektedir (MEB, 2023). Bu bağlamda Türkiye'nin, Avrupa okul eğitimi topluluğu ile bağlantısını sağlayan Scientix platformu önemli bir rol üstlenmektedir.

Scientix, Avrupa Birliği destekli bir bilgi paylaşım ağı olarak, öğretmenleri STEM odaklı öğretim materyalleri, araştırmalar ve mesleki gelişim etkinlikleriyle buluşturur (European Schoolnet, 2024). Türkiye'de Scientix faaliyetleri MEB Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü (YEĞİTEK) koordinasyonunda yürütülmekte ve öğretmen eğitimleri aracılığıyla yaygınlaştırılmaktadır. Scientix topluluğu; açık eğitim kaynaklarına erişim, disiplinler arası proje üretimi ve uygulama

paylaşımı açısından öğretmenler için güçlü bir profesyonel öğrenme ağı sunmaktadır.

Scientix Türkiye portalı, öğretmenler için oluşturulan dijital bir paylaşım alanıdır ve çalıştaylar, proje örnekleri ve öğretim araçlarını yayımlamaktadır. Portalda 70 STEM Eğitimi Çalıştayı gerçekleştirilmiş olduğu belirtilmektedir ve her çalıştayda farklı bölge ve branşlardan öğretmenlere yönelik uygulamalı eğitimler sunulmaktadır (Scientix Türkiye, 2024). Bu çalıştaylar, *"öğretmenlerin STEM kavramı ve uygulamalarını etkin biçimde sınıflarına yansıtabilmeleri"* amacıyla tasarlanmış; atölye etkinlikleri, örnek planlama süreçleri ve mikro-uygulamalar üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu çalıştaylarda öğretmenler tarafından her bir etkinlikte 10–15 arasında STEM projesi geliştirildiği belirtilmektedir. Projeler çoğunlukla fen, matematik, mühendislik tasarımı ve teknoloji entegrasyonuna dayalıdır ve sürdürülebilirlik, çevre, enerji, robotik-kodlama gibi temalar sıkça tercih edilmektedir. Böylece öğretmenler yerel bağlama bağlı özgün öğretim tasarımları geliştirme fırsatı edinmektedir. Bu durum, STEM eğitiminin Türkiye'de kültürel ve bölgesel çeşitlilik içinde uygulanabilmesi açısından önemli bir uygulama modelidir (MEB, 2023).

Scientix çalıştaylarının en güçlü yönlerinden biri, katılımcı öğretmenlerin profesyonel öğrenme topluluklarına dâhil edilmesi ve çalışmaların dijital ortamda paylaşılmasıdır. Bu durum, öğretmenler arası yatay öğrenmeyi desteklemekte; farklı bölgelerden uygulama örneklerine erişimi kolaylaştırmaktadır. Literatürde öğretmen topluluklarının, pedagojik yeniliklerin sürdürülebilirliğinde kritik rol oynadığı belirtilmektedir (Lindegren & Henning, 2021). Bu nedenle Scientix'in Türkiye'de oluşturduğu bu ağ yapısı, STEM eğitiminin yaygınlaştırılmasında

stratejik bir araç niteliğindedir. Türkiye'de Scientix uygulamaları STEM eğitiminin yerelleşmesini, öğretmen kapasitesinin güçlenmesini ve paylaşıma dayalı eğitim ekosisteminin gelişmesini desteklemektedir. Ancak portalda proje çıktıları ve etki verilerinin raporlanması henüz sınırlıdır. Bu eksikliklerin giderilmesi, Türkiye'de STEM eğitiminin ulusal ölçekte politika değerlendirmesi ve sürekli gelişim döngüsü açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca Scientix Türkiye'nin uzun dönemli izleme ve değerlendirme modelleri ile güçlendirilmesi gerekmektedir. Öğrenci öğrenme çıktılarının, öğretmen sınıf uygulamalarının ve okul kültüründeki değişimlerin sistematik biçimde ölçülmesi, STEM yatırımlarının sürdürülebilirliğini belirleyen temel göstergelerdir (OECD, 2018). Veri odaklı bir değerlendirme modeli, karar vericilere somut kanıt sunarak STEM politikalarının yönünü belirlemede rehberlik edecektir.

İlgili Araştırmalar

STEM eğitimi yalnızca fen, teknoloji, mühendislik ve matematik disiplinlerinin bütünleştirilmesiyle sınırlı değildir; aynı zamanda bireylerin içinde yaşadıkları toplumsal ve kültürel bağlamlar tarafından şekillenen bir öğrenme ve üretme biçimidir (Ceylan, 2025; Bardak & Polat, 2019). STEM yaklaşımı; kültürel duyarlılığı, toplumsal eşitliği ve kolektif yaratıcılığı merkeze alarak, bireylerin yalnızca üretici değil, aynı zamanda kültürel olarak köklü ve toplumsal olarak sorumlu yurttaşlar haline gelmesini hedefler. Bu nedenle, STEM' in toplumsal ve kültürel boyutlarını anlamak, yalnızca eğitimdeki bilişsel kazanımlar açısından değil, aynı zamanda 21. yüzyılın sosyal sürdürülebilirliği ve kültürel çeşitliliğe duyarlılık bakımından da kritik önemdedir.

STEM eğitiminin toplumsal boyutu, bireyleri yalnızca teknik bilgiyle değil, aynı zamanda toplumsal sorumluluk bilinciyle donatmayı amaçlar (Akça & Beşoluk, 2021). STEM okuryazarlığı; bireyin çevresel, ekonomik ve etik konularda bilinçli kararlar verebilmesini, yani bilimsel bilginin toplumsal yaşama aktarımını temsil eder (Kılıç, 2024). Ceylan'ın (2025) çalışmasında öğretmenlerin STEM kavramına ilişkin metaforik algıları incelenmiş ve STEM'in bir "toplum inşası aracı" olarak görüldüğü belirlenmiştir. Bu bulgu, STEM pedagojisinin yalnızca bilişsel öğrenme değil, aynı zamanda toplumda yenilikçi, eleştirel ve katılımcı bireylerin yetişmesini desteklediğini göstermektedir. Benzer biçimde, Kardeş (2020) STEM ve STEAM'in okul öncesinden itibaren kazandırdığı "üretim odaklı sosyal becerilerin" öğrencilerin toplumsal katılım düzeyini artırdığını belirtmiştir. Bu bağlamda STEM, bireysel başarıyı aşarak kolektif ilerlemeye katkı sağlayan bir toplumsal dönüşüm modeli olarak değerlendirilebilir.

STEM'in kültürel boyutu, bireylerin kültürel kimlikleri ve yerel değerleri üzerinden öğrenme sürecine katılımını ifade eder. Koşar (2022) tarafından geliştirilen EtnoSTEM yaklaşımı, öğrencilerin kültürel farkındalıklarını, 21. yüzyıl becerilerini ve fen-teknolojiye yönelik tutumlarını güçlendirmiştir. Bu yaklaşım, öğrenmenin yalnızca evrensel değil, aynı zamanda yerel ve kültürel olarak anlamlı hale gelmesi gerektiğini vurgular. Demir ve Güneş (2020), kültürel yapılarla STEM arasındaki ilişkinin "makerspace" örnekleri üzerinden incelenmesiyle, kütüphaneler gibi kamusal alanların STEM' in kültürel aktarım merkezleri haline geldiğini göstermiştir. Bu tür alanlar, bilimsel üretimi toplumla buluşturarak kültürel sürdürülebilirliği destekler. Ayrıca Kılınç, Demirbağ ve Yılmaz (2018), STEM' in tarihsel-kültürel temellerini inceledikleri çalışmada, STEM pedagojisinin ancak yerel değerlerle

bütünleştiğinde kalıcı öğrenme ve toplumsal aidiyet oluşturduğunu savunmuştur. Bu durum, STEM eğitiminin evrensel çerçevesine kültürel bağlamsallığın eklenmesi gerektiğini göstermektedir.

STEM eğitimi içinde toplumsal boyutun önemli bir uzantısı da toplumsal cinsiyet eşitliğidir. Bardak ve Polat (2019), Türkiye'de erken çocukluk dönemindeki STEM uygulamalarında kız öğrencilerin katılım düzeyinin, kültürel kalıplarla doğrudan ilişkili olduğunu belirtmiştir. Benzer şekilde Akça ve Beşoluk (2021), STEM'in toplumsal cinsiyet rollerini yeniden inşa edici bir potansiyele sahip olduğunu savunmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, STEM eğitimi yalnızca bilişsel bir süreç değil, aynı zamanda sosyo-kültürel adaletin pedagojik zeminidir.

STEM eğitimi, bireylerin sahip oldukları kültürel sermaye ile doğrudan etkileşim içindedir. Bourdieu'nün kültürel sermaye kavramı temelinde, öğrencilerin STEM alanındaki başarısı yalnızca bireysel yetenekle değil, aynı zamanda aile, okul ve toplumun kültürel altyapısıyla ilişkilidir (Şal Yıldız, 2023). Bu nedenle, etkili STEM politikaları yalnızca müfredat düzeyinde değil, kültürel ekosistemi kapsayacak biçimde tasarlanmalıdır. STEM eğitiminin toplumsal ve kültürel boyutları, çağdaş eğitim sistemlerinin yalnızca bilgi aktarımı değil, toplum inşası süreçleri olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Johnson ve Elliott (2020), STEM bölümlerinde kültürel dönüşüm için "Culturally Relevant Pedagogy (CRP)" modeli önermektedir. Bu model, eğitim ortamlarında kültürel farkındalık, kimlik gelişimi ve sosyal adalet ilkeleri üzerinden STEM öğretimini yeniden yapılandırmayı hedefler. Araştırma, özellikle ABD üniversitelerinde kültürel temsili az olan grupların STEM

alanlarında karşılaştığı gizli önyargılar ve dışlanma pratiklerine dikkat çekmiştir. CRP modeli, öğrencilerin kültürel geçmişlerini öğretim içeriğine dâhil ederek aidiyet duygusunu güçlendiren bir yaklaşım sunmaktadır. Yazarlar, bu modelin STEM eğitiminde kurumsal dönüşümün yolunu açabileceğini vurgulamaktadır. Çalışma, özellikle UNESCO'nun 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri bağlamında STEM'in eşitlikçi bir araç olarak kullanılabileceğini vurgulamaktadır.

UNESCO'nun (2017) raporunda ise, STEM eğitiminde cinsiyet eşitsizliğinin toplumsal ve kültürel temellerini analiz etmektedir. Rapor, kız çocuklarının STEM alanlarına yöneliminde aile, okul ve medya aracılığıyla aktarılan kültürel kalıpların belirleyici olduğunu göstermektedir. STEM eğitimine katılımı artırmak için önerilen stratejiler, toplumsal normların dönüşümünü merkeze almaktadır. UNESCO, kız öğrencilerin STEM'e katılımını artırmak için rol modeller, kültürel olarak kapsayıcı öğretim yöntemleri ve yapısal politika değişimleri önermektedir. Bu çalışma, STEM eğitiminin sadece pedagojik değil, sosyo-kültürel bir mücadele alanı olduğunu göstermesi bakımından önemlidir.

Zheltukhina ve diğerlerinin 2023 yılında yapmış oldukları sistematik derleme ile, 1973–2023 yılları arasında fen eğitimi alanında kültürel çalışmaların gelişimini analiz etmişlerdir. Araştırma, STEM ve fen eğitimi uygulamalarında kültürel bağlamın pedagojik etkisini vurgulamış; kültürel çeşitliliğin öğrenme süreçlerine entegrasyonunun bilimsel düşünme becerilerini artırdığı sonucuna ulaşmıştır. Çalışma, özellikle kültürel duyarlılık içeren öğretim kavramının 2000 sonrası dönemde artan önemine dikkat çekmektedir.

Tatar ve Yıldırım (2024), gençlerin kimlik oluşumu ile STEM kültürü arasındaki etkileşimi incelemiştir. Nitel verilerden elde edilen sonuçlara göre, öğrencilerin STEM'e yönelik motivasyonları yalnızca bilişsel değil, kültürel kimlikleriyle derinden ilişkilidir. Araştırma, STEM kimliğinin toplumsal statü, cinsiyet rolleri ve kültürel aidiyetle birlikte inşa edildiğini ortaya koymuştur. STEM eğitiminde "kültürel rezonans" kavramını önererek, öğrencilerin kendi değer sistemleriyle STEM'i anlamlandırmalarının öğrenmeyi kalıcı hale getirdiğini savunmuşlardır.

Finlandiya'da STEM kültürü, ulusal müfredat reformları ve sınıf uygulamalarında fenomen-temelli öğrenme ile şekillenmiştir. 2016'dan itibaren uygulanan Ulusal Çekirdek Müfredat, her öğrenci için yıllık en az bir disiplinlerarası fenomen-temelli modül öngörür; bu yaklaşım, sistemsel düşünme, problem çözme ve gerçek dünya bağlamında öğrenmeyi öne çıkarır. Bu model öğretmenlerin profesyonel özerkliğine dayanır ve okullara geniş bir uygulama esnekliği verir. Pedagojik olarak Finlandiya, proje-temelli öğrenmeyi, çapraz-konu modülleri ve uzun vadeli yetkinlik geliştirmeyi destekler; standart test baskısı daha sınırlı, değerlendirme daha sürekli ve biçimlendiricidir. Öğretmen eğitimi güçlü ve yerindedir; öğretmenler müfredatı yerel bağlama göre uyarlama yetkisine sahiptir. Bu yapı, STEM uygulamalarının hem akademik hem de sosyal-kültürel yetkinlikleri desteklemesine olanak tanır.

Güney Kore'de STEM/STEAM politikaları, özellikle erken yaşta kodlama, robotik ve bilişsel düşünme becerilerini sınıfa entegre etmeye odaklanır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, sınıf tabanlı robotik-kit programlarının 5–6 yaş grubunda bile hesaplama düşüncesini geliştirdiği raporlanmıştır; bu da Kore'nin erken çocuklukta teknoloji entegrasyonuna verdiği önemi gösterir.

Kore'de STEAM programları ulusal ve yerel düzeyde pilot edilip değerlendirilmektedir. Pedagojik eğilim: sınıf içi robotik kitleriyle uygulamalı STEAM dersleri, program değerlendirmesi ve ölçülebilir bilişsel kazanımlar. Teknolojiye erken erişim, yoğun öğretmen eğitimleri ve iyi desteklenmiş pilot programlar sayesinde güçlü yanları vurgulanırken; eşitsizlik riskleri (ekipman-altyapı farkları), müfredat baskısı altında yaratıcı uygulamaların sürdürülebilirliği ise zayıf yanları olarak vurgulanmıştır.

Kanada'da STEM kültürü, ulusal düzeyde çok sayıda sivil toplum kuruluşu, üniversite ağı ve özel program aracılığıyla şekilleniyor. Özellikle Actua gibi ulusal kuruluşlar, STEM programlarıyla yerel/yerli bilgiyle STEM'i harmanlayan ara yüzler kuruyor ve kültürel olarak ilgili etkinlikler ön plandadır. Yıllık onbinlerce gençlik erişimiyle geniş tabanlı uygulamalar yürütülmektedir.

Brezilya'da STEM kültürü, sosyal dışlanma ve cinsiyet eşitsizliğini gidermeye yönelik ulusal/uluslararası inisiyatiflerle güçlendiriliyor. UNESCO destekli #EducaSTEM2030 gibi programlar, kız çocukları ve kırılgan gruplar için erişimi artırma, öğretmen eğitimi ve toplumsal farkındalık yaratma amacı güdüyor; ayrıca yerli/yerel sesleri STEM eğitimine dahil etme yönünde çalışmalar mevcut. Bu tür girişimler, STEM'e katılımda toplumsal eşitliği sağlamaya odaklanır.

Hindistan'da son yılların en büyük adımı Atal Tinkering Labs (ATL) ve Atal Innovation Mission gibi ulusal girişimlerdir. Hükümet raporlarına göre on binlerce okulda ATL kurulumu gerçekleşmiş; amaç gençlerde tasarım-düşünme, yenilikçilik ve fiziksel bilgisayar / maker becerileri geliştirmektir. ATL'ler öğrencilere tinkering, fiziksel prototip üretim ve girişimcilik

deneyimi sunar; çok sayıda proje ve öğrenci katılımı rapor edilmiştir.

Türkiye'de STEM eğitiminin toplumsal yönlerine ilişkin ilk dikkat çekici incelemelerden biri Bardak ve Polat (2019) tarafından yapılmış; araştırma erken çocukluk döneminde STEM yaklaşımının, toplumsal yenilenme ve kültürel gelişim için bir araç olarak kullanılabileceğini vurgulamıştır. Ardından Çetin ve Demircan (2020), STEM'in ekonomik, sosyal ve kültürel değerlerle ilişkisini tartışarak erken çocukluk eğitiminin kültürel bağlamda nasıl şekillenmesi gerektiğini ortaya koymuştur. Aynı yıl Kardeş (2020), okul öncesi eğitim programlarının 21. yüzyıl becerileri ve kültürel farkındalık bağlamında STEM entegrasyonunu incelemiş; toplumsal sorumluluk ve kültürel bilinç unsurlarını STEM eğitimiyle ilişkilendirmiştir. Demir ve Güneş (2020) ise kültürel boyutu ile "makerspace" yapılanmalarını ele alarak, kütüphanelerin kültürel gelişimdeki rolünü STEM uygulamalarıyla ilişkilendirmiştir. Aynı dönemde Taş ve Bozkurt (2020) tarafından hazırlanan Uçan Süpürge raporu, STEM alanındaki toplumsal cinsiyet eşitsizliklerini saptamış ve kadınların STEM alanlarına katılımının kültürel kalıplar tarafından nasıl sınırlandığını gözler önüne sermiştir.

2021 yılında Ay ve Seferoğlu (2021) ile Arslan ve Arastaman (2021), Türkiye'deki STEM politikalarını uluslararası örneklerle karşılaştırarak eğitimde kültürün rolünü ve sosyal kalkınma üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Koşar (2022) ise "EtnoSTEM" yaklaşımını geliştirerek, kültürel farkındalığın STEM pedagojisiyle bütünleştirilmesinin öğrencilerde 21. yüzyıl becerilerini güçlendirdiğini göstermiştir. Son olarak Kılınç, Geban ve Öztürk (2025), öğretmen eğitiminde kültürel, toplumsal ve etik boyutların STEM uygulamalarıyla nasıl örtüştüğünü analiz etmiş; küresel

STEM çerçeveleriyle uyumlu kültürel duyarlılık modelleri önermiştir. Bu çizelge, Türkiye'de STEM eğitiminin yalnızca teknik bir alan değil, aynı zamanda toplumsal eşitlik, kültürel mirasın korunması ve sosyal sorumluluk gibi çok boyutlu hedefleri içeren bir eğitim paradigmasına dönüştüğünü göstermektedir.

STEM Eğitiminin Sosyo-Kültürel Dönüşüm Bağlamında Kuramsal Model Önerisi

Türkiye'de STEM eğitimi alanında yürütülen araştırmaların giderek daha fazla kültürel duyarlılık, toplumsal eşitlik ve etik sorumluluk boyutlarına odaklanması, bu alanın salt teknik bir eğitim paradigmasından çıkarak insan-merkezli bir dönüşüm sürecine girdiğini göstermektedir. Bu dönüşüm, hem uluslararası literatürdeki kültürel olarak duyarlı pedagojik yaklaşım gibi yaklaşımlarla hem de Türkiye'de geliştirilen etnoSTEM modeli ve kültürel rezonans temelli uygulamalarla paralellik göstermektedir. Dolayısıyla, STEM eğitiminin geleceğine ilişkin bütüncül bir bakış sunabilmek için, bu farklı yönelimleri ortak bir çatı altında birleştiren yeni bir model gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu gereklilikten hareketle geliştirilen STEM'in Kültürel ve Toplumsal Etki Modeli (SKTEM), STEM pedagojisinin bilişsel boyutlarının ötesine geçerek kültürel kimlik, toplumsal aidiyet ve sosyal dönüşüm süreçlerini açıklamayı amaçlayan özgün bir kavramsal yapı sunmaktadır.

STEM'in Kültürel ve Toplumsal Etki Modeli (SKTEM)

Bu çalışmada geliştirilen STEM'in Kültürel ve Toplumsal Etki Modeli (SKTEM), STEM eğitiminin yalnızca bilişsel ve teknik yönlerini değil, aynı zamanda kültürel, toplumsal ve ekolojik etkileşimlerini açıklamayı amaçlayan bütüncül bir kavramsal

çerçevedir. Model, sosyokültürel öğrenme kuramı, kültürel sermaye teorisi, öz belirleme kuramı ve ekolojik sistemler yaklaşımı gibi temel teorik dayanaklar üzerine inşa edilmiştir. SKTEM, STEM pedagojisinin yalnızca bilgi aktarımına odaklı bir süreç olmadığını; aynı zamanda kültürel kimlik, toplumsal aidiyet, eşitlik ve sosyal dönüşüm gibi insani ve toplumsal değerlere dayalı bir öğrenme paradigması sunduğunu öne sürmektedir.

Model, dört temel bileşenden oluşmaktadır:

1. Kültürel Duyarlılık: öğrenme süreçlerinin yerel kültür, inanç ve değer sistemleriyle etkileşim içinde geliştiğini;
2. Toplumsal Kimlik ve Motivasyon: bireylerin STEM'e katılımının kimliksel aidiyet ve sosyal tanınma süreçleriyle bağlantılı olduğunu;
3. Kültürel Sermaye ve Öğrenme Ekosistemi: bireyin okul, aile ve toplum ağları üzerinden bilgiye erişim biçimlerinin kültürel altyapılarla belirlendiğini;
4. Eşitlik ve Kapsayıcılık: STEM eğitiminin toplumsal adalet, fırsat eşitliği ve temsil sorunlarına çözüm üretebileceğini göstermektedir.

Bu yönüyle SKTEM, UNESCO'nun (2017) küresel STEM politikalarında vurgulanan eşitlik, kapsayıcılık ve kültürel duyarlılık ilkeleriyle uyum içindedir. SKTEM, hem uluslararası teorik temellere dayanan hem de yerel kültürel bağlama özgü bir melez model niteliğindedir. Modelin nihai amacı, STEM eğitiminin kültürel duyarlılık ve toplumsal dönüşüm odaklı yeni bir paradigma olarak yeniden tanımlanmasına katkı sağlamaktır.

SKTEM'in Teorik Dayanakları ve Literatürdeki Konumlandırılması

SKTEM, STEM eğitiminin yalnızca disiplinlerarası bir öğrenme yaklaşımı değil, aynı zamanda sosyo-kültürel bir dönüşüm alanı olduğunu savunan çağdaş kuramsal temeller üzerine inşa edilmiştir. Temelde Vygotsky'nin sosyokültürel öğrenme kuramı, bireylerin bilişsel gelişimlerinin sosyal etkileşim ve kültürel bağlam içinde şekillendiğini ileri sürer. STEM pedagojisinde bu yaklaşım, öğrenmenin yalnızca bireysel bir süreç değil, aynı zamanda kültürel olarak aracılanmış bir etkinlik olduğu fikrini destekler (Johnson & Elliott, 2020). Modelin merkezinde yer alan *STEM pedagojisi* bileşeni, bu kuramsal anlayıştan yola çıkarak bireyin toplumsal kimliği, kültürel geçmişi ve öğrenme ortamı arasındaki etkileşimi bütüncül biçimde yansıtır.

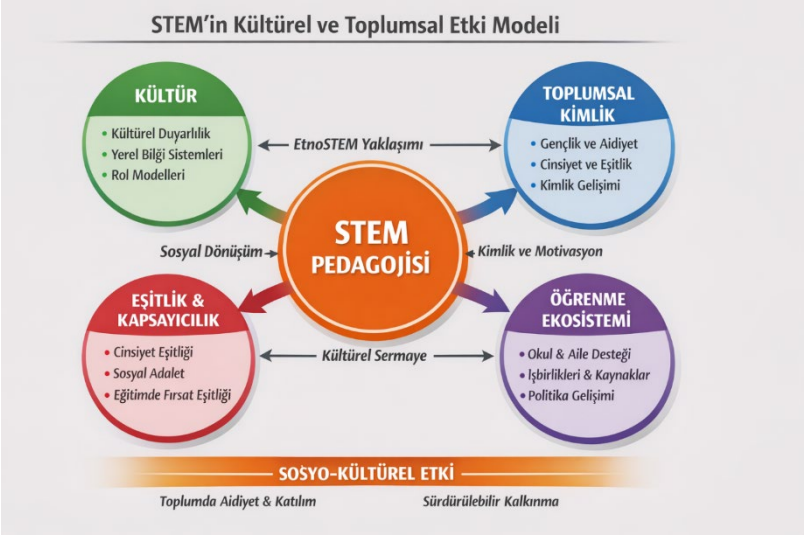
Modelin bir diğer teorik dayanağı, Bourdieu'nün kültürel sermaye ve habitus kavramlarıdır. Bu kavramlar, bireyin öğrenme süreçlerine katılımının yalnızca bilişsel yeterliklerle değil, aynı zamanda ait olduğu sosyal sınıf, kültürel miras ve sembolik değerlerle belirlendiğini ifade eder. Şal Yıldız (2023) ve Zheltukhina ve arkadaşları (2023), bu bağlamda STEM eğitiminin kültürel sermayeyi yeniden üretme ya da dönüştürme kapasitesine dikkat çekmiştir. Modelde yer alan *kültürel sermaye* bileşeni, STEM eğitiminin kültürel erişim ve temsil adaletine katkısını açıklayan önemli bir yapı taşıdır.

Kimlik ve motivasyon bileşeni ise Bandura'nın sosyal bilişsel kuramı ve Deci & Ryan'ın öz belirleme kuramı çerçevesinde konumlandırılmıştır. Bu kuramlar, bireyin öğrenme sürecinde içsel motivasyonunun ve öz-yeterlik algısının sosyal çevreyle etkileşim halinde geliştiğini savunur. Tatar ve Yıldırım (2024), bu bağlamda STEM kimliğinin kültürel kimlikten bağımsız

düşünülemeyeceğini; öğrencilerin STEM'e yönelik ilgilerinin toplumsal değerlerle rezonans içinde geliştiğini göstermiştir.

Modelin "eşitlik ve kapsayıcılık" bileşeni ise, UNESCO (2017) ve OECD (2022) tarafından yayımlanan küresel STEM politikalarına dayanmaktadır. Bu belgelerde STEM eğitimi, toplumsal cinsiyet eşitliğini ve dezavantajlı grupların temsiliyetini güçlendiren bir sosyal adalet aracı olarak konumlandırılmaktadır. Johnson ve Elliott (2020)'nun önerdiği *CRP* modeli de bu anlayışla örtüşmekte; STEM bölümlerinde kültürel farkındalık ve kapsayıcılığın kurumsal dönüşüm için zorunlu olduğunu savunmaktadır.

Son olarak, modelin *öğrenme ekosistemi* bileşeni, Bronfenbrenner'in ekolojik sistemler kuramı üzerine inşa edilmiştir. Bu kuram, bireyin öğrenme deneyiminin aile, okul, toplum ve politika düzeylerindeki çevresel sistemler tarafından şekillendiğini ileri sürer. STEM bağlamında bu anlayış, öğrenmenin sadece sınıf içi bir süreç değil, aynı zamanda toplumsal ve kültürel etkileşimlerin ürünü olduğunu vurgular. Dolayısıyla, "STEM'in Kültürel ve Toplumsal Etki Modeli" bu teorik yaklaşımları birleştirerek, bireyin STEM deneyimini mikro düzeyden makro düzeye kadar çok katmanlı biçimde açıklamaktadır. Aşağıdaki görselde model verilmiştir.



Şekil 1. STEM'in Kültürel ve Toplumsal Etki Modeli

Şekil 1, STEM pedagojisinin toplumsal ve kültürel boyutlarını bütüncül bir yapı içinde açıklamaktadır. Model, dört temel bileşen — *kültür, toplumsal kimlik, öğrenme ekosistemi ve eşitlik-kapsayıcılık* — etrafında şekillenmektedir. Bu bileşenlerin merkezinde yer alan STEM pedagojisi, bilgi aktarımının ötesinde kültürel duyarlılık, toplumsal aidiyet ve etik farkındalık gibi nitelikleri içeren bir öğrenme yaklaşımını temsil eder. SKTEM, bireylerin öğrenme süreçlerinde yalnızca bilişsel değil, aynı zamanda sosyo-kültürel sermayelerini de aktif biçimde kullandıklarını vurgulamaktadır. *EtnoSTEM yaklaşımı* kültürün öğretim sürecine entegrasyonunu; *kimlik ve motivasyon* bileşeni, bireylerin STEM alanlarıyla özdeşleşme süreçlerini; *kültürel sermaye* boyutu ise okul, aile ve toplum desteğinin öğrenme ekosistemine etkisini açıklamaktadır.

Modelin Uluslararası ve Türkiye Bağlamındaki Konumlandırılması

STEM'in Kültürel ve Toplumsal Etki Modeli (SKTEM), kuramsal olarak evrensel ölçekte geliştirilen kültürel ve toplumsal yaklaşımlarla Türkiye bağlamında yürütülen uygulamaları bütünleştirmeyi hedefleyen bir yapıdadır. Ancak STEM pedagojisinin toplumsal işlevi, her toplumun kültürel kodları, eğitim politikaları ve sosyoekonomik dinamikleri doğrultusunda farklı biçimlerde tezahür etmektedir. Bu nedenle, modelin geçerliliğini ve uyarlanabilirliğini değerlendirmek amacıyla, uluslararası literatürde öne çıkan yaklaşımlar ile Türkiye'deki çalışmalar karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bu karşılaştırma, yalnızca benzerlikleri belirlemekle kalmayıp, aynı zamanda STEM eğitiminin kültürel duyarlılık, eşitlik, kimlik inşası ve sosyal dönüşüm boyutlarında nasıl farklılaştığını da göstermektedir. Uluslararası literatürde genellikle kuramsal modeller ve kapsayıcı politikalar ön plandayken; Türkiye literatürü, bu kavramların uygulama, öğretmen eğitimi ve yerel kültürel uyum süreçlerinde nasıl somutlaştığını ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, aşağıda sunulan tablo, SKTEM'in kavramsal bileşenlerinin hem küresel hem yerel bağlamdaki konumunu, kesişim noktalarını ve farklılaşan yönlerini açık biçimde ortaya koymak amacıyla hazırlanmıştır.

Tablo 1. *SKTEM'in Uluslararası ve Türkiye Bağlamındaki Konumlandırılması*

Boyut / Tema	***Uluslararası Literatür***	***Türkiye Literatürü***	***Modeldeki Yansıma***
1. Kültürel Duyarlılık	Johnson & Elliott (2020) çalışmasında geliştirilen	Koşar (2022)'nın EtnoSTEM yaklaşımı, öğrencilerin	Modelde "EtnoSTEM yaklaşımı" bileşeniyle temsil edilmiştir.

	kültürel olarak duyarlı pedagojik yaklaşım modeli, STEM bölümlerinde kültürel farkındalığın öğretim süreçlerine entegrasyonunu vurgulamıştır.	kültürel farkındalıklarını ve yerel kimliklerle STEM öğrenmesini bütünleştirmiştir.	
2. Toplumsal Cinsiyet Eşitliği ve Temsiliyet	UNESCO (2017) raporunda, STEM'deki toplumsal cinsiyet farklarının kültürel normlardan kaynaklandığı vurgulanmıştır. Ayrıca UNESCO (2023) "Gender in STEM" raporu, eşitlik politikalarının önemine dikkat çeker.	Taş & Bozkurt (2020) raporu, Türkiye'de STEM alanlarında kadın temsilinin düşük olduğunu ve kültürel kalıpların bu durumu pekiştirdiğini göstermiştir.	"Eşitlik ve kapsayıcılık" bileşeniyle modelde sosyal adalet perspektifi kazandırılmıştır.
3. Sosyal Kimlik ve Aidiyet	Tatar & Yıldırım (2024), STEM kimliğinin toplumsal statü ve kültürel kimlikle birlikte inşa edildiğini; öğrencilerin STEM'e ilgisinin "kültürel rezonans" ile	Ceylan (2025) çalışmasında öğretmenlerin STEM'i bir "toplum inşa aracı" olarak algıladığı görülmüştür.	Modelin "kimlik ve motivasyon" bileşeninde bu sosyal rezonans süreci kavramsallaştırılmıştır.

	güçlendiğini belirtmiştir.		
4. Kültürel Sermaye ve Öğrenme Ekosistemi	Bourdieu (1986)'nın "kültürel sermaye" kuramına dayalı olarak Zheltukhina et al. (2023), fen eğitiminde kültürel mirasın ve sembolik değerlerin etkisini göstermiştir.	Şal Yıldız (2023), Türkiye'de STEM eğitiminin kültürel sermaye aktarımında önemli bir araç olduğunu vurgulamıştır.	"Kültürel sermaye" bileşeni, modelin ekolojik ve sosyokültürel temellerini güçlendirmektedir.
5. Öğrenme Ekosistemi ve Sosyal Dönüşüm	Bronfenbrenner'in Ekolojik Sistemler Kuramı STEM'de çok katmanlı etkileşimleri açıklamak için uyarlanmıştır (Johnson & Elliott, 2020).	Ay & Seferoğlu (2021) Türkiye'deki STEM politikalarının eğitim ekosistemi üzerindeki etkisini sistematik biçimde incelemiştir.	Modelin "öğrenme ekosistemi" bileşeni, mikro (bireysel) ile makro (toplumsal) etkileşimleri bütünleştirir.
6. Küresel–Yerel Denge	STEM Politikası ve Eğitim Dergisi (2025) küresel düzeyde STEM'in sosyal kapsayıcılığa katkısını vurgulamaktadır.	Kardeş (2020), STEAM uygulamalarında kültürel öğelerin yerel öğrenmeyi zenginleştirdiğini göstermiştir.	Modelin genel yapısı, küresel hedeflerle yerel kültürel duyarlılığı dengeleyen glokal bir yaklaşımı temsil eder.

Tablo incelendiğinde, STEM eğitiminin kültürel ve toplumsal boyutlarının hem uluslararası hem de Türkiye literatüründe giderek daha görünür hale geldiği açıkça görülmektedir. Uluslararası alanda yürütülen araştırmalar, genellikle kültürel duyarlılık, toplumsal cinsiyet eşitliği ve öğrenme ekosistemlerinin etkileşimi üzerine yoğunlaşırken, Türkiye'deki çalışmalar bu kavramların yerel kültürel dinamiklerle uyarlanması ve uygulama süreçlerinin sosyolojik yansımaları üzerine odaklanmıştır. Bu durum, STEM pedagojisinin yalnızca evrensel bir eğitim paradigması değil, aynı zamanda yerel toplumsal bağlamlarla yeniden biçimlenen dinamik bir sistem olduğunu göstermektedir. STEM'in Kültürel ve Toplumsal Etki Modeli (SKTEM), bu iki yaklaşımı birleştirerek "glokal" (küresel + yerel) bir anlayış ortaya koymaktadır. Model, uluslararası literatürdeki kuramsal çerçeveleri Türkiye'deki uygulamalı araştırmalarla harmanlamaktadır. Böylece SKTEM, hem teorik derinliği hem de uygulama geçerliliği olan özgün bir çerçeve sunmakta; STEM eğitiminin kültürel çeşitlilik, toplumsal kapsayıcılık ve sürdürülebilir öğrenme ekosistemi açısından yeniden düşünülmesine katkı sağlamaktadır.

Sonuç ve Tartışma

Bu bölümde yürütülen kavramsal tartışmalar ve literatür incelemeleri, STEM eğitiminin yalnızca fen, teknoloji, mühendislik ve matematik alanlarının kesişiminden ibaret olmadığını; aynı zamanda toplumsal, kültürel ve etik boyutları derinlemesine içeren bir dönüşüm alanı olduğunu açık biçimde ortaya koymuştur. 2000'li yıllardan itibaren yapılan araştırmalar, STEM'in küresel ölçekte ekonomik kalkınmanın itici gücü olarak görülmesinin ötesine geçerek, sosyal adalet, kültürel temsiliyet ve sürdürülebilir toplumsal gelişim gibi

insani değerlerle bütünleştirildiğini göstermektedir. Türkiye'de ise benzer biçimde, STEM eğitimi giderek artan biçimde kültürel duyarlılık, yerel değerler ve toplumsal eşitlik kavramlarıyla ilişkilendirilmekte; böylece bilişsel becerilerden etik sorumluluklara uzanan geniş bir öğrenme alanı haline gelmektedir.

Bu kapsamda geliştirilen STEM'in Kültürel ve Toplumsal Etki Modeli (SKTEM), disiplinler arası bir yaklaşımdan öte, insan-merkezli bir eğitim paradigması olarak tasarlanmıştır. SKTEM, sosyokültürel öğrenme kuramı, kültürel sermaye ve ekolojik sistemler yaklaşımını bütünleştirerek, öğrenmeyi hem bireysel hem de toplumsal düzeyde açıklayan özgün bir yapı sunmaktadır. Model, kültürel duyarlılık, kimlik ve motivasyon, kültürel sermaye ve öğrenme ekosistemi, eşitlik ve kapsayıcılık gibi temel bileşenleriyle, STEM pedagojisinin kültürle etkileşim içinde evrilen bir sosyal süreç olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmanın temel bulguları, STEM eğitiminin yalnızca teknik beceriler kazandıran bir alan değil, aynı zamanda kültürel sürdürülebilirlik, etik sorumluluk ve küresel yurttaşlık bilinci ile iç içe geçmiş çok katmanlı bir öğrenme ekosistemi olduğunu ortaya koymaktadır. Amiri, Goswami ve Islam (2025) tarafından Gana'da yürütülen araştırması, kapsayıcı ve etik yurttaşlık bilincinin sürdürülebilir STEM ekosisteminin temelini oluşturduğunu göstermiştir. Benzer şekilde Rane, Chaudhari ve Rane'nin (2025) çalışması, yapay zekâ çağında STEM eğitiminin eleştirel, eşitlikçi ve kültürel açıdan kapsayıcı bir yönelime sahip olması gerektiğini savunmaktadır.

Bu perspektif, SKTEM modelinin ortaya koyduğu gibi STEM eğitiminin yalnızca bilgi aktarımı değil, insanlık için etik bir

sorumluluk pratiği olduğu düşüncesini güçlendirmektedir. Marcao ve Santos (2025), organizasyonel öğrenmede çeşitlilik, eşitlik ve kapsayıcılığın makine öğrenmesi uygulamalarıyla yeniden tanımlandığını belirtmiş; bu anlayış, STEM pedagojisinin geleceğinde insan-merkezli teknolojik etik kavramının önemini artırmaktadır. Ayrıca Saran ve Singh'in (2025) çalışması, coğrafi bilgi teknolojileri ve yapay zekâ entegrasyonuyla vatandaşlık bilgisi temelli STEM projelerinin kültürel mirasın korunması ve kamu sağlığının geliştirilmesinde etkili olduğunu göstermektedir.

Bu bulgular ışığında, STEM eğitiminin etik, sosyal ve kültürel boyutlarını yeniden konumlandırmak kaçınılmaz hale gelmiştir. SKTEM modeli, etik farkındalık, kültürel çeşitlilik, toplumsal katılım ve küresel sorumluluk eksenlerinde çoklu paydaşların katılımını gerektiren bir yapı sunmaktadır.

Öneriler

Çalışma kapsamında aşağıdaki öneriler getirilmektedir:

1. Amiri vd. (2025) ve Rane vd. (2025)'in önerdiği gibi, ulusal eğitim kurumları STEM politikalarını etik yurttaşlık ve kültürel sürdürülebilirlik ilkeleriyle bütünleştirmelidir. Müfredatlar, yalnızca bilişsel çıktılara değil, toplumsal katılım ve adalet odaklı becerilere de yer vermelidir.

2. Saran ve Singh'in (2025) çalışmalarında vurgulanan *vatandaş bilimi temelli öğrenme* yaklaşımı, öğretmenlere öğrencilerin yaşadıkları çevreyle anlamlı bağlar kurmalarını sağlayacak yenilikçi fırsatlar sunmaktadır. Bu bağlamda öğretmenlerin,

yerel bilgi sistemleri ve teknolojik uygulamaları harmanlayan pedagojik tasarımlar geliştirmeleri önerilmektedir.

3. Marcao ve Santos (2025)'in de belirttiği gibi, akademik toplulukların STEM'de çeşitlilik, etik ve eşitlik ilkelerini sistematik olarak inceleyen disiplinler arası araştırmalara yönelmesi gereklidir. SKTEM modeli bu bağlamda sosyal bilimler ile mühendislik alanlarını bütünleştiren bir kuramsal çerçeve sunmaktadır.

4. Eğitim politikalarında STEM'in sadece ekonomik rekabet aracı değil, aynı zamanda kültürel refah ve etik toplumsal dönüşüm aracı olarak konumlandırılması gerekmektedir.

Ölçme ve Değerlendirme Soruları

Soru 1: Kültürel Bağlamda STEM Tasarımı

Durum:
Bir Anadolu köyünde öğrenciler, yerel tarım üretiminde su israfını azaltmak için düşük maliyetli bir sulama sistemi tasarlamakla görevlendirilmiştir. Bölgedeki su kaynakları sınırlı, elektrik kullanımı kısıtlıdır. Ancak köy halkı geleneksel su dağıtım yöntemlerini korumak istemektedir.

Soru:
Kültürel değerleri koruyarak teknolojik bir çözüm üretmek için öğrenciler hangi STEM bileşenlerini nasıl bütünleştirebilir? Tasarım sürecinde hangi kültürel ve etik ilkeler dikkate alınmalıdır?

Kazanım: STEM tasarım sürecinde yerel kültürel unsurları tanıma ve bütünleştirme, problem çözme sürecinde etik ve toplumsal duyarlılığı dikkate alma

Örnek Yanıt: Öğrenciler, bilim bileşeniyle suyun fiziksel özelliklerini ve buharlaşma oranlarını analiz eder; teknoloji boyutunda güneş enerjisiyle çalışan düşük voltajlı pompa sistemleri geliştirir; mühendislik aracılığıyla yerel malzemelerden modüler boru sistemleri tasarlar; matematik ile su dağıtım hızını optimize eder. Tasarım sürecinde, köy halkının geleneksel su paylaşım ritüellerine ve ortak mülkiyet anlayışına saygı gösterilmelidir. Etik açıdan, teknolojinin köy yaşamını dönüştürürken kültürel kimliği zedelememesi hedeflenmelidir. Bu nedenle çözüm, *"modernleşme içinde kültürel süreklilik"*

ilkesiyle geliştirilmeli; topluluk katılımı sürecin merkezine alınmalıdır.

Soru 2: Sosyal Adalet ve STEM Eğitimi

Durum:
Bir şehirdeki öğrenciler, farklı gelir düzeylerine sahip mahalleler arasında dijital uçurumun öğrenme fırsatlarını nasıl etkilediğini araştırmaktadır. Verilere göre, düşük gelirli bölgelerdeki öğrencilerin %60'ı internet erişiminden yoksundur.

Soru:
Bu durumu çözmek için STEM eğitimi kapsamında nasıl bir toplumsal etki projesi geliştirilebilir? Proje, öğrencilerin hangi sosyal ve duygusal becerilerini güçlendirmeyi hedeflemelidir?

Kazanım: STEM uygulamalarını toplumsal eşitlik ve fırsat adaleti ile ilişkilendirebilme ve sosyal sorumluluk bilinciyle proje geliştirme

Örnek Yanıt: Öğrenciler, "Dijital Erişim için Köprü" adlı bir STEM projesi tasarlayabilir. Bu proje kapsamında, düşük gelirli bölgelerdeki okullara güneş enerjisiyle çalışan taşınabilir internet istasyonları geliştirilir. Proje, öğrencilerin mühendislik becerilerini geliştirirken aynı zamanda empati, iş birliği, toplumsal sorumluluk ve liderlik gibi sosyal-duygusal becerilerini güçlendirir. Öğrenciler, saha araştırmaları yaparak farklı sosyo-ekonomik gruplarla etkileşim kurar; bu süreçte eşitlik odaklı problem çözme yetisi kazanır.

Soru 3: Kültürel Bilimsel Okuryazarlık

Durum:
Bir araştırmada, geleneksel tıp yöntemleriyle modern biyoteknolojik tedaviler arasındaki ilişki incelenmiştir. Bazı öğrenciler, kültürel mirasın korunması adına bitkisel tedavilerin önemini vurgularken, diğerleri bilimsel geçerlilik eksikliğine dikkat çekmiştir.

Soru:
Bu tartışmada bilimsel düşünme becerilerini kullanarak kültürel miras ile bilimsel kanıt arasındaki dengeyi nasıl kurarsınız? STEM eğitimi bu dengeyi sağlamada nasıl bir rol üstlenebilir?

Kazanım: Bilimsel verileri değerlendirirken kültürel perspektifleri dikkate alma ve bilimsel okuryazarlığı kültürel bağlamda uygulayabilme

Örnek Yanıt: Öğrenciler, kültürel mirasın bir deneyimsel bilgi kaynağı, bilimin ise kanıt temelli doğrulama aracı olduğunu fark etmelidir. Bitkisel tedaviler gibi geleneksel yöntemler, biyoteknolojik araştırmalarla test edilerek güvenilirliği belirlenebilir. Böylece kültürel miras bilimsel yöntemle desteklenir, reddedilmez. STEM eğitimi, bu dengeyi kurmada köprü işlevi görür: bilimsel araştırma süreçlerini öğretirken öğrencilerin yerel kültürel değerleri anlamasına ve eleştirel empati geliştirmesine olanak tanır. Böylece öğrenme hem kültürel kimliği korur hem de evrensel bilimin ilkelerine bağlı kalır.

Kaynakça

Akça, F., & Beşoluk, Ş. (2021). STEM eğitiminin toplumsal boyutu: Sorumluluk, etik ve vatandaşlık bağlamında bir inceleme. *Eğitimde Güncel Araştırmalar Dergisi, 6*(2), 112–130.

Amiri, S. M. H., Goswami, P., & Islam, M. M. (2025). *STEM, skills, and society: Evaluating Ghana's competency-based curriculum reform (2019–2024)*. SSRN. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=5759583

Arslan, A., & Arastaman, G. (2021). Türkiye'de STEM eğitimi politikalarının kültürel bağlamda değerlendirilmesi. *Eğitim ve Bilim, 46*(208), 115–132. https://doi.org/10.15390/EB.2021.10123

Ay, Y., & Seferoğlu, S. S. (2021). STEM politikalarının Türkiye eğitim ekosistemi üzerindeki etkileri. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama, 11*(1), 42–58. https://doi.org/10.17943/etku.879021

Bardak, S., & Polat, M. (2019). STEM eğitiminin kültürel bağlamda değerlendirilmesi: Toplumsal sorumluluk ve üretken yurttaşlık. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi, 7*(2), 95–110.

Bourdieu, P. (1986). *The forms of capital*. In J. Richardson (Ed.), *Handbook of Theory and Research for the Sociology of Education* (pp. 241–258). Greenwood.

Bronfenbrenner, U. (1994). *Ecological models of human development*. In T. Husén & T. N. Postlethwaite (Eds.), *International encyclopedia of education* (2nd ed., Vol. 3, pp. 1643–1647). Pergamon Press.

Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.

Ceylan, B. (2025). Öğretmen algıları bağlamında STEM eğitiminin toplumsal rolü. *Eğitim ve Toplum Araştırmaları Dergisi, 22*(1), 76–98.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry, 11*(4), 227–268. https://doi.org/10.1207/S15327965PLI1104_01

Dost, G. (2024). Students' perspectives on the 'STEM belonging' concept at A-level, undergraduate, and postgraduate levels: An examination of gender and ethnicity in student descriptions. *International Journal of STEM Education, 11*(1), 87–104. https://doi.org/10.1186/s40594-024-00472-9

Duan, S., Cai, Q. V., Song, L., & McNary, S. (2025). Fostering STEM identity in underrepresented elementary students: Integrating robotics and reflective practice. *TechTrends, 69*(2), 110–123. https://doi.org/10.1007/s11528-025-01131-8

English, L. D. (2016). STEM education K–12: Perspectives on integration. *International Journal of STEM Education, 3*(1), 3–14. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0036-1

Farzad, G. (2025). Providing the framework of social inclusion in community sport: A meta-synthesis. *Applied Research of Sport Management, 13*(2), 45–62.

Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K–12 education: Status, prospects, and an agenda for research*. National Academies Press. https://doi.org/10.17226/18612

Johnson, A., & Elliott, S. (2020). Culturally relevant pedagogy: A model to guide cultural transformation in STEM departments. *Journal of Microbiology & Biology Education, 21*(1), 35–42. https://doi.org/10.1128/jmbe.v21i1.2097

Journal of STEM Policy and Education. (2025). *Social inclusion through STEM education: A global perspective. Journal of STEM Policy and Education*, 6(2), 45–60.

Kardeş, S. (2020). STEAM uygulamalarında kültürel öğelerin öğrenme sürecine etkisi. *Uluslararası Eğitim Bilimleri Dergisi, 7*(3), 121–138.

Kılınç, A., Geban, Ö., & Öztürk, B. (2025). Öğretmen eğitiminde kültürel ve etik duyarlılıklar: STEM uygulamalarına bütüncül bir yaklaşım. *Eğitim ve Uygulama Araştırmaları Dergisi, 11*(2), 211–230.

Kılıç, E. (2024). STEM okuryazarlığı ve bilimsel bilginin toplumsal yaşama aktarımı. *Eğitimde Yeni Yaklaşımlar Dergisi, 9*(1), 58–75.

Koşar, D. (2022). EtnoSTEM yaklaşımı: Kültürel farkındalık temelli bir STEM pedagojisi önerisi. *Eğitimde Kuram ve Uygulama, 18*(3), 205–226. https://doi.org/10.17244/eku.2022.018

Ladson-Billings, G. (1995). Toward a theory of culturally relevant pedagogy. *American Educational Research Journal, 32*(3), 465–491. https://doi.org/10.3102/00028312032003465

Lindegren, A., & Henning, M. (2021). Professional learning communities and teacher collaboration in STEM. *Journal of Educational Change, 22*(4), 589–607.

Marcao, R., & Santos, V. (2025). *Evolving strategies for organizational management and performance evaluation: Adapting management practices for future success*. Springer.

Milli Eğitim Bakanlığı (MEB). (2023). *STEM eğitiminde yenilikçi uygulamalar ve Scientix Türkiye raporu*. Ankara: MEB Yayınları.

Nasir, N. S. (2002). Identity, goals, and learning: Mathematics in cultural practice. *Mathematical Thinking and Learning, 4*(2–3), 213–247. https://doi.org/10.1207/S15327833MTL04023_6

OECD. (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/education/2030

OECD. (2022). *Equity and inclusion in education: Policy research brief*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/9789264412251-en

Rane, N. L., Chaudhari, R. A., & Rane, J. (2025). *Critical pedagogies and artificial intelligence: Teaching, curriculum, and sustainable education*. Routledge.

Saran, S., & Singh, P. (2025). Integrating geospatial technologies, artificial intelligence, and citizen science for ethnobotanical medicinal plants: Towards improved digital public health. *International Journal of Ayurveda Research, 10*(1), 44–57.

Şal Yıldız, A. (2023). Türkiye'de STEM eğitimi ve kültürel sermaye aktarımı: Sosyo-kültürel bir analiz. *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi, 11*(4), 1320–1345.

Tatar, N., & Yıldırım, M. (2024). Kültürel rezonans temelli STEM öğrenme yaklaşımı: Öğrenci kimliği ve motivasyonu üzerine etkiler. *Eğitim Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 14*(2), 56–80.

Taş, A., & Bozkurt, O. (2020). Türkiye'de STEM alanlarında kadınların temsiliyeti: Kültürel normlar ve eğitim politikaları. *Kadın ve Toplum Dergisi, 8*(1), 15–33.

UNESCO. (2017). *Cracking the code: Girls' and women's education in science, technology, engineering and mathematics (STEM)*. UNESCO Publishing. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000253479

UNESCO. (2023). *Gender in STEM: Closing the gap*. UNESCO Publishing. https://www.unesco.org/en/articles/gender-stem

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Zheltukhina, M. R., Kislitsyna, N. N., Sergeeva, O. V., Knyazeva, S. A., Polovikov, I. P., & Tukhvatullina, L. R. (2023). Trends of cultural studies in science education: A systematic review from 1973 to 2023. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 19*(12), em2364. https://doi.org/10.29333/ejmste/13837

STEM Eğitiminin Geleceği: Fırsatlar ve Zorluklar

Özge CEYLAN Melek İLHAN

Millî Eğitim Bakanlığı

Öz

STEM eğitimi, hızla değişen teknolojik çevre, yapay zekâ uygulamaları ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri doğrultusunda giderek daha stratejik bir konuma yerleşmektedir. Bu bölüm, STEM eğitiminin geleceğine yönelik fırsatları, zorlukları, stratejik eğilimleri ve önerileri sistematik bir çerçevede inceleyerek alanın güncel durumuna ilişkin bütüncül bir bakış açısı sunmayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda çalışmanın önemi, 2021–2025 yılları arasında yayımlanan ulusal ve uluslararası araştırmaları tematik olarak haritalayarak STEM eğitiminin geleceğini şekillendiren temel boyutları görünür kılmasından kaynaklanmaktadır. Çalışma, Arksey ve O'Malley'in (2005) scoping review çerçevesi ve PRISMA-ScR yönergeleri temelinde yürütülmüş; ERIC, Web of Science, IEEE Xplore, TR Dizin ve ScienceDirect veri tabanlarında yapılan taramalar sonucunda dahil edilme kriterlerini karşılayan 82 çalışma analiz edilmiştir. Kodlanan veriler yıl, ülke, yöntem, fırsatlar, zorluklar ve öneriler başlıkları altında sınıflandırılarak grafikleştirilmiş ve tematik analiz yoluyla sentezlenmiştir. Bulgular, STEM eğitimi araştırmalarının özellikle 2023–2025 yılları arasında belirgin bir artış

ISBN: 978-625-6276-47-5

gösterdiğini ve çalışmaların çoğunlukla ABD, Türkiye, Tayvan, Endonezya ve Çin gibi güçlü bilimsel araştırma kapasitesine sahip ülkelerde yoğunlaştığını ortaya koymuştur. Yöntemsel açıdan araştırmaların nicel, nitel ve karma yöntem tasarımlarını dengeli şekilde kullandığı; bibliyometrik ve sistematik incelemelerin ise alanda artan bir olgunlaşmayı yansıttığı görülmüştür. Fırsatlar bakımından üst düzey bilişsel becerilerin geliştirilmesi, disiplinlerarası entegrasyon, teknolojik yenilikler ve eşitlik odaklı uygulamalar öne çıkarken; zorluklar arasında altyapı eksiklikleri, öğretmen yeterlikleri, müfredat uyumsuzlukları ve YZ araçlarının etik/pedagojik riskleri dikkat çekmiştir. Bu çalışma, STEM eğitiminin geleceğine ilişkin güncel eğilimleri çok boyutlu olarak haritalayan kapsamlı sentezlerden biri olması bakımından alanyazına önemli bir katkı sunmaktadır. Bulgular, politika yapıcılar, eğitimciler ve araştırmacılar için stratejik odak alanlarına ışık tutmakta ve STEM ekosisteminin güçlendirilmesine yönelik uygulanabilir öneriler geliştirilmesine zemin hazırlamaktadır

Giriş

Dünya, hızına yetişilemeyen teknolojik gelişmelerle sürekli bir dönüşüm geçirirken, Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) eğitimi de öğrencileri geleceğin dünyasına hazırlama konusunda önemli bir potansiyel taşımaktadır. STEM yaklaşımının artan popülaritesi, teknoloji ve mühendisliği vurgulayan bir altyapı sunması ve disiplinlerarası bir bakış açısı sağlaması nedeniyle çağımızın bilgi ve iletişim ihtiyacını doğrudan karşılamasıyla ilişkilidir. STEM'in önemi, yalnızca teorik bilgi aktarımını aşarak, bireyleri yaşamın çeşitli alanlarındaki dinamik değişimlere hazırlama misyonundan kaynaklanmaktadır. Bu eğitim, ülkelerin teknoloji ve inovasyon alanında ilerleme hedeflerine ulaşmaları için giderek daha kritik hale gelmektedir. Bu bağlamda STEM reformu, toplumu ve dolayısıyla da gençleri küresel rekabete hazır, STEM okuryazarı bir işgücü yetiştirme çabasının merkezinde yer almaktadır (Corlu vd., 2014; National Science Board, 2015; Karahan, 2025).

Son yıllarda STEM eğitimindeki eğilimler, teknolojik ilerlemelerin etkisiyle hızla evrilmiş ve disiplinlerarası entegrasyon, aktif öğrenme ve gerçek dünya uygulamalarına odaklanan yaklaşımlar ön plana çıkmıştır. Özellikle yapay zekânın (YZ) entegrasyonu, öğrencilerin problem çözme ve kritik düşünme becerilerini geliştirmede önemli fırsatlar sunmaktadır (Otto vd., 2025). Örneğin, GenAI tabanlı araçlar, bireysel öğrenmeyi destekleyerek işbirlikçi ve bağlam odaklı öğrenme ortamları yaratmakta, ancak algoritmik önyargılar, veri güvenliği ve öğretmenlerin mesleki yükü gibi zorluklar da beraberinde getirmektedir (Parviz, 2024). Benzer şekilde, girişimcilik odaklı STEM modelleri, teknik bilgiyle iş dünyası becerilerini birleştirerek inovasyonu teşvik etmekte ve

öğrencilerin yaratıcılık ile problem çözme yetkinliklerini artırmaktadır (Setiawan vd., 2025). Bu eğilimler, sosyal yapılandırmacı yaklaşımlarla desteklendiğinde, takım öğrenimi ve iş birliği yoluyla daha etkili hale gelmektedir. (Nguyen vd., 2025). Öte yandan, STEM eğitiminin geleceğine dair fırsatlar kadar zorluklar da belirgindir. Tasarım odaklı inovasyonlar, akademik personel ve öğrencilerin yatay yetkinliklerini geliştirerek sosyo-kültürel ve teknolojik uyumu sağlamakta, ancak interdisipliner iş birliği eksikliği ve kaynak yetersizliği gibi engellerle karşılaşmaktadır (Mezinska vd, 2024). Gelişmekte olan ülkelerde yapılan araştırmalar, STEM merkezlerinin inşası ve yenilikçi yöntemlerin optimizasyonu gibi girişimlerin, öğretmen eğitimi ve altyapı sorunlarını aşmada kritik olduğunu vurgulamakta; bu bağlamda, veri analizi ve kişiselleştirilmiş öğrenme modelleri önerilmektedir (Terzievavd., 2024; Trichkova-Kashamova vd., 2024). Düşük kaynaklı bölgelerde ise, STEM uygulamalarındaki engeller (eğitim materyali eksikliği, sertifikalı öğretmen yetersizliği ve teknoloji erişimi sınırlılığı) eğilimleri yavaşlatmakta, bu da küresel eşitsizlikleri öne çıkarmaktadır (Bardoe vd., 2023). Bu çalışmalar, STEM'in geleceğinde YZ entegrasyonu, girişimcilik ve sosyal yapılandırmacılığın fırsatlarını (örneğin, ölçeklenebilir öğrenme ve disiplinlerarası iş birliği) vurgulamakta, ancak bölgesel farklılıklar ve eski müfredatlara bağlılık gibi zorlukları da işaret etmektedir.

Alanyazındaki çalışmalar incelendiğinde (ör. Bybee, 2013; Hsu & Fang, 2019; Qureshi & Qureshi, 2021; Jamaluddin vd., 2025) son yıllarda STEM eğitiminin geleceğine yönelik birçok değerlendirme olduğu görülmektedir. Bununla birlikte yapılan derleme ya da araştırma çalışmaları genellikle daha eski bir

zaman dilimine odaklanmakta, belirli bir bölgeyi ya da yalnızca bir disiplini/teknolojiyi ele almaktadır. Örneğin Sun ve arkadaşları (2025) 2012-2023 yılları arasında STEM eğitiminde yapay zekanın rolünü ortaya koyan bir derleme çalışması yapmıştır; Lee vd. (2019) ise yalnızca Asya ülkelerinin çalışmalarına odaklanan bir çalışma yapmıştır. Teknolojik değişimlerin hızına paralel olarak, son beş yılda yayınlanan alanyazını inceleyen ve STEM eğitiminin geleceğine dair fırsatları, zorlukları ve eğilimleri haritalayan güncel, sistematik bir senteze ihtiyaç duyulmaktadır. Kitabın bu bölümü söz konusu boşluğu doldurmayı hedeflemektedir. Bu noktadan hareketle çalışma, 2021–2025 yılları arasındaki ulusal ve uluslararası alanyazını tarayarak, STEM eğitiminin geleceğine yönelik mevcut fırsatları ve zorlukları tespit etmek ve geleceğe dönük stratejik önerileri belirlemek üzere sistematik biçimde haritalamayı ve tematik olarak sentezlemeyi amaçlamaktadır.

Yöntem

STEM eğitiminin geleceğine ilişkin alanyazını sistematik biçimde haritalamak ve tematik olarak sentezlemek amacıyla yapılan araştırmanın yöntemi *scoping review* olarak belirlenmiştir. *Scoping review*, sistematik derlemelerden farklı olarak belirli bir müdahalenin etkisini ölçmeyi değil, bir alandaki bilgi yapısını, kavramları, eğilimleri ve boşlukları haritalamayı amaçlar (Arksey & O'Malley, 2005; Levac, Colquhoun, & O'Brien, 2010). Bu çalışma Arksey & O'Malley'in (2005) beş basamaklı araştırma çerçevesi ve PRISMA-ScR (Tricco vd., 2018) yönergelerine dayalı olarak yürütülmüştür. Bu basamaklar araştırma sorularının tanımlanması, ilgili çalışmaların tanımlanması, çalışmaların seçilmesi, verilerin

grafikleştirilmesi, bulguların derlenmesi ve haritalanması şeklinde sırasıyla gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sorularının tanımlanması

Birinci basamakta STEM eğitiminin geleceğine yönelik 2021-2025 yılları arasında yapılan çalışmalarda ortaya çıkan fırsatlar, zorluklar ve eğilimlere dayalı olarak önerileri belirlemek üzerine aşağıdaki sorulara cevap aramıştır:

1. STEM eğitiminin geleceğine dair hangi temalar öne çıkmaktadır?

2. Alanyazında tanımlanan fırsatlar ve zorluklar nelerdir?

3. Geleceğe dönük olarak hangi pedagojik, teknolojik ve politik eğilimler, öneriler gözlenmektedir?

İlgili çalışmaların tanımlanması

İkinci basamakta alanyazında yer alan potansiyel çalışmalar sistematik biçimde taranmıştır. Buradaki amaç, STEM eğitiminin geleceğini konu alan tüm araştırmaları kapsamlı şekilde belirlemektir. Bu nedenle çalışmalar *ERIC, IEEE Xplore, Web of Science, TR Dizin ve ScienceDirect* elektronik veri tabanlarında aranmıştır. Güncel çalışmalara ulaşmak amacıyla yalnızca 2021-2025 zaman aralığı dahil edilmiştir. Kapsam genişliği bakımından İngilizce ve Türkçe dillerinde aranmıştır. Arama yapılırken kullanılan dizgeler Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. *Veri Tabanlarında Kullanılan Arama Dizgeleri*

Dil	Arama dizgesi
Türkçe	("STEM eğitimi" OR "STEM öğrenimi" OR "STEM pedagojisi" OR "Entegre STEM") AND ("gelecek" OR "zorluk" OR "fırsat" OR "eğilim" OR "21. yüzyıl becerileri")
İngilizce	("STEM education" OR "STEM learning" OR "STEM pedagogy" OR "Integrated STEM") AND ("future" OR "challenge" OR "opportunity" OR "trend" OR "21st century skills")

Bu dizgeler, STEM eğitimi veya pedagojisi ile ilgili yapılan çalışmalardan gelecek, fırsatlar, zorluklar, eğilimler ve 21. yüzyıl becerileri bağlamında yapılan araştırmaları; eğitim, pedagoji, öğrenme ve entegre edilme kavramlarıyla ilişkilendirerek bulur. Bu basamakta 15.361 çalışmaya ulaşılmıştır. Daha sonra bu çalışmaların incelemeye dahil edilme kriterleri belirlenmiştir. Dahil edilme ve hariç tutulma kriterleri Tablo 2'de görülmektedir.

Tablo 2. *Çalışmaya Dahil Edilme ve Hariç Tutulma Kriterleri*

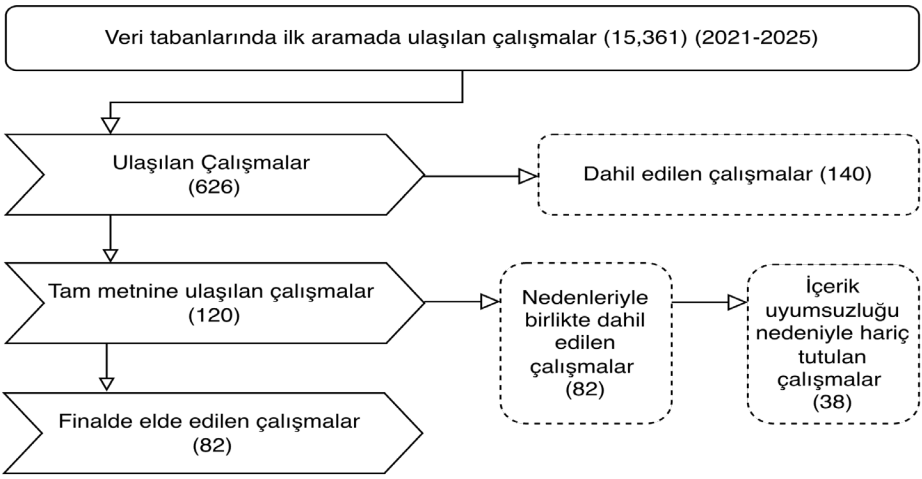
Kriter	Dahil Etme	Hariç Tutma
Zaman Aralığı	2021-2025	Bu tarih dışındaki çalışmalar
Çalışmanın Odağı	STEM eğitiminin geleceği, fırsatlar, 21. y.y. becerileri ve zorlukları konu edinen çalışmalar	Tek disipline dahil olması, STEM entegrasyonu içermeyen çalışmalar; sadece sosyolojik/azınlık/benlik çalışmaları

Çalışmanın Katılımcıları	K-12 öğrenciler, öğretmenler, öğretmen adayları	Bu örneklemler dışında olan çalışmalar
Çalışmanın türü	Derleme çalışmaları, nitel araştırmalar, nicel araştırmalar, inceleme araştırmaları	Kısa yorum, görüş yazısı veya popüler makale formatındaki çalışmalar
Dil	İngilizce, Türkçe	Bu diller dışındaki çalışmalar

Tablo 2'de yer alan kriterler iki yazar tarafından konu alanında kapsayıcılığı yakalamak adına belirlenmiştir. İki yazar tarafından çalışmalar veri tabanlarında taranarak toplanmıştır.

Çalışmaların seçimi

Çalışmaların seçimi olan üçüncü basamakta PRISMA-ScR (Tricco vd., 2018) yönergeleri uygulanmıştır. Yapılan işlemlerde izlenilen yol haritası Şekil 1'de görülmektedir. Kitabın bu bölümü STEM eğitimindeki fırsatlar, zorluklar ve gelecekteki uygulamalara odaklanmaktadır. Şekil 1'de görüldüğü üzere yazarlar öncelikle ana temaya dahil olabilecek çalışmalara (n=15.361) ulaşılmıştır. İlk aşamada özetler incelenmiştir ve ardından tam metinlerin kapsamlı bir değerlendirmesi yapılmıştır. Araştırma soruları temelinde her iki yazar tarafından ham veriler çıkarılmıştır ve bir elektronik tablo (Excel) kullanılarak farklı temalarda manuel olarak kodlama yapılmıştır. Kullanılan kodlar yazar, yıl, ülke, yöntem, fırsat, zorluk, eğilim ve önerilerdir.



Şekil 1. *Çalışmaya ait PRISMA-ScR akış haritası diyagramı*

Verileri grafikleştirme

Çalışmaların (n=82) belirlenmesinin ardından, veriler (çalışmalar) kodlarına göre grafikleştirilmiştir. Veriler grafikleştirilirken çalışmanın yapıldığı yıl, ülke, çalışmanın yöntemi, STEM eğitimine yönelik fırsatlar, zorluklar ve STEM eğitiminin geleceğine yönelik eğilimler ve öneriler ile ilgili grafikleştirme, tematik analiz ve görselleştirme yapılmıştır.

Bulguların derlenmesi, haritalanması ve yorumlanması

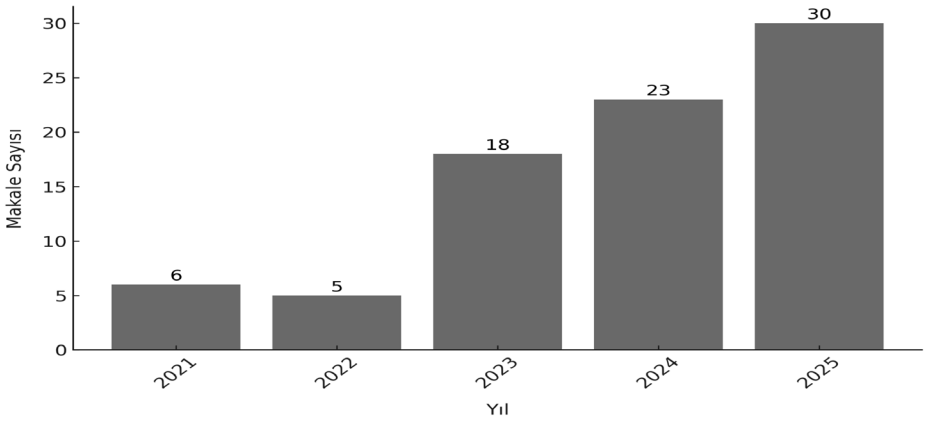
Verilerin grafikleştirilmesinin ardından veri türüne uygun olarak grafik türleri ve analiz biçimleri seçilerek bulgular elde edilmiştir. Elde edilen analizlere ait ayrıntılı bilgi bulgular, yorum ve tartışma bölümünde verilmiştir.

Bulgular, Yorum ve Tartışma

STEM eğitimi araştırmalarının yıllara göre dağılımı

Birinci bulgu seti çalışmaların yıllara göre dağılımı ile ilgilidir ve bu dağılımı göstermek amacıyla Şekil 2'deki sütun grafik

oluşturulmuştur. Şekil 2'deki grafikte görüldüğü üzere, STEM eğitimi üzerine yapılan çalışmalar özellikle 2023–2025 yılları arasında belirgin bir artış göstermiştir. Bu durum bize, STEM eğitiminin son dönemde yeniden tanımlanması, STEM'in eğitim sistemlerinde giderek daha fazla önem kazandığını ve disiplinlerarası bir paradigma olarak benimsenmeye başladığını gösterebilir. Ayrıca araştırmacılar arasında artan bu ilgi, yapay zekâ destekli öğrenme ortamları, kapsayıcı öğretim yaklaşımları ve sürdürülebilir kalkınma temelli STEM uygulamaları gibi yeni fırsat alanlarının oluştuğuna da işaret edebilir.

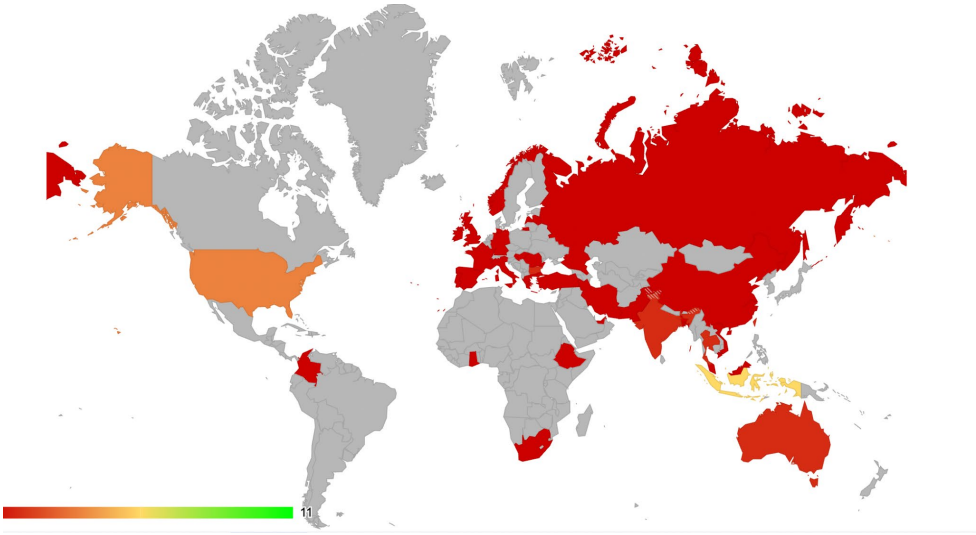


Şekil 2. 2021-2025 yıllarına ait *yıl-makale dağılım grafiği*

STEM eğitimi araştırmalarının ülkelere göre dağılımı

STEM eğitimi araştırmalarının ülkeler arasındaki dağılımı, alanın küresel ölçekte nasıl konumlandığını ve hangi ülkelerin araştırma üretiminde öncü rol üstlendiğini göstermesi açısından kritik bir göstergedir. Araştırma çıktılarının belirli ülkelerde yoğunlaşması, bu ülkelerde STEM eğitiminin ulusal öncelikler arasında konumlandığını ve araştırma kapasitelerinin güçlü bir şekilde desteklendiğini göstermektedir. Dolayısıyla ülkelere

göre yapılan bu analiz, STEM eğitimi alanının uluslararası dinamiklerini anlamak, küresel eğilimleri karşılaştırmak ve gelecekteki araştırma boşluklarını belirlemek açısından önemli bir çerçeve sunmaktadır.



Şekil 3. *STEM Eğitimi Makalelerinin Ülkelere Göre Dağılımı*

Şekil 3'te STEM eğitimi alanında yapılan çalışmaların ülkelere göre dağılımını gösteren coğrafi bir grafik verilmiştir. Harita incelendiğinde çalışmaların en fazla STEM eğitimi alanında yapılan çalışmaların en fazla Amerika Birleşik Devletleri (17), Türkiye (13), Tayvan (7), Endonezya (6) ve Çin (5) kaynaklı olduğu görülmektedir. Bu ülkelerdeki yoğunluğun birkaç temel nedeni öne çıkmaktadır. Öncelikle Amerika Birleşik Devletleri STEM kavramını ilk kez politika belgelerine entegre eden ve eğitim sistemlerine erken dönemde dahil eden ülke olarak STEM ile ilgili alanın yönelimini belirlemiştir (Karahan, 2025). Türkiye'deki artış ise özellikle son yıllarda MEB politikaları, Bilim ve Sanat Merkezi çalışmaları, TÜBİTAK Bilim ve Toplum

Programları ve üniversitelerde artan lisansüstü araştırma sayısı ile ilişkilidir. Bu durumda Türkiye'nin STEM eğitimini sadece öğretim yöntemi olarak değil, yenilikçilik, girişimcilik ve dijital dönüşüm ekseninde stratejik bir alan olarak ele aldığı söylenebilir. Asya-Pasifik bölgesinin önde gelen ülkeleri arasında yer alan Tayvan, Çin ve Endonezya'nın STEM eğitimi araştırmalarında sergiledikleri yüksek akademik üretkenlikleri dikkat çekmektedir. Tayvan, bir sistematik derlemede 10 çalışma ile dikkat çekerken (Sungur Gül vd., 2023). Çin (Tayvan ve Hong Kong dahil) ise, hesaplamalı düşünmenin STEM'e entegrasyonu üzerine yapılan çalışmalarda ABD'den sonra en çok çalışma üreten iki coğrafi bölgeden biri olmakta (Yang vd., 2025) ve K-12 eğitiminde artırılmış/sanal gerçeklik (AR/VR) gibi gelişen teknolojilerin etkilerini inceleyen araştırmalarda baskın bir rol oynamaktadır (Jiang vd., 2025). Endonezya, özellikle 2016-2021 yılları arasında yayımlanan 63 makale ile bütünleşik STEM/STEAM yaklaşımlarını ve Proje Tabanlı Öğrenme gibi stratejilerin 21. yüzyıl becerileri üzerindeki etkisini yoğun bir şekilde inceleyen araştırmalarla öne çıkmaktadır (Ilma vd., 2023; Wahono vd., 2020). Genel olarak ülkelerde ortaya çıkan bu dağılım için, STEM eğitimi araştırmalarının dünya genelinde giderek yaygınlaştığını ancak araştırma yoğunluğunun hâlen belirli ülkelerdeki güçlü akademik ve kurumsal altyapı sayesinde sürdürüldüğü yorumu yapılabilir.

STEM Eğitimi Alanında Kullanılan Araştırma Yöntemlerinin Analizi

STEM eğitimi alanında yürütülen araştırmalar, yöntemsel açıdan önemli bir çeşitlilik göstermekte ve disiplinlerarası yapının gerektirdiği farklı veri toplama–analiz yaklaşımlarını bir arada barındırmaktadır. Tablo 3'te araştırmaların

yöntemlerine ait tematik analiz tablosu görülmektedir. Analiz edilen kaynaklar, STEM eğitimi araştırmalarının temel olarak deneysel geçerliliğe odaklandığını ve hızla değişen teknolojik ve pedagojik ortamı takip etmek amacıyla kapsamlı literatür sentezi yapma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

Tablo 3'e göre nicel ve deneysel araştırmalar (%28.05), kullanılan en yaygın yöntem olmuştur. Bu eğilim, alanda uygulanan eğitim programlarının (ör. Singh & Kumar, 2025) öğrenci performansı, katılım ve akılda kalma üzerindeki etkilerini sayısal olarak ölçme ihtiyacını vurgulamaktadır. Nitel araştırmalar (%24.39) ikinci en sık kullanılan yöntemdir ve genellikle durum çalışması (ör. Dare vd., 2021), fenomenoloji (ör. Uyar, 2025) veya içerik/doküman analizi (ör. Fındık vd., 2023) şeklinde uygulanmıştır. Bu yöntemler, nicel verilerin ötesine geçerek öğretmenlerin ve uygulayıcıların bütünleşik STEM (I-STEM) kavramlarını nasıl kavramsallaştırdıklarını, YZ entegrasyonuna ilişkin algılarını (ör. Uğraş vd., 2025; Uyar, 2025) ve erken çocukluk sınıflarındaki uygulama zorluklarını (ör. Wang & Mihai, 2025) anlamaya odaklanmıştır. Bu bulgu, STEM eğitiminde yalnızca bilişsel çıktılara değil, duyuşsal ve eğitimsel süreçlerin odak noktası haline geldiğini işaret etmektedir.

Tablo 3.*STEM eğitimi alanındaki yapılan araştırmaların yöntemlerine ait tematik analiz tablosu*

Ana Tema	Alt Temalar / Örnek Yöntemler	f
Nicel ve Deneysel Araştırmalar	Deneysel ve yarı deneysel tasarımlar; tarama ve istatistiksel modelleme; ön-test/son-test analizleri	23
Nitel Araştırmalar	Vaka çalışmaları; mülakatlar ve algı araştırmaları; içerik/doküman analizi	20

Sistematik İnceleme, Bibliyometrik ve meta analizler	Sistematik literatür incelemeleri (SLR, PRISMA); bibliyometrik analiz; meta analiz	15
Teorik ve Kavramsal İncelemeler	Derleme ve kavramsal makaleler; kavramsal çerçeve geliştirme	13
Karma Yöntem Araştırmaları	Karma yöntem tasarımları; tasarım tabanlı araştırmalar; karma çalışmalar	11

Sistematik incelemelerde ise metaanaliz ve bibliyometrik analiz (%18.29) yöntemlerinin yüksek frekansta kullanılması, STEM eğitiminin hızlı bir olgunlaşma aşamasında olduğunu göstermektedir. Bibliyometrik analizler (ör. Jantakun vd., 2025) YZ, mühendislik tasarım süreci veya öğretmen mesleki gelişimindeki eğilimleri belirlemede kullanılmıştır. Sistematik literatür taramaları, VR/AR teknolojilerinin K-12 düzeyindeki durumu (Jiang vd., 2025) ve robotiklerin 21. yüzyıl becerilerine etkisi (ör. Bano vd., 2024) gibi konuları sentezlemek için önemli kullanılmıştır. Karma yöntem araştırmaları (%13.41), bir uygulamanın etkinliğini (nicel) ve bunun arkasındaki nedenleri ve süreçleri (nitel) anlamak için tercih edilmektedir. Bu yaklaşım, yükseköğretimde tasarım odaklı inovasyonun etkisini (ör. Mezinska vd., 2024) veya STEM müfredatın tasarım odaklı düşünme eğilimleri üzerindeki etkisini (ör. Thomason & Hsu, 2025) araştıran çalışmalarda kullanılmıştır. Genel olarak ortaya çıkan tablonun tamamı için STEM eğitiminin gelecekte veriye dayalı, kuramsal olarak temellendirilmiş ve pedagojik açıdan kapsayıcı bir yapıya doğru evrildiği söylenebilir.

STEM eğitiminin sunduğu fırsat alanlarına ilişkin analiz

STEM eğitiminin sunduğu fırsat alanlarının analizi, bu alanın geleceğine yönelik potansiyelini, dönüşüm kapasitesini ve eğitim sistemlerine sağlayabileceği çok boyutlu katkıları ortaya koyması açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu analiz, STEM uygulamalarının yalnızca öğrencilerin bilişsel gelişimlerine değil, aynı zamanda öğretim süreçlerine, öğretmen yeterliklerine, teknolojik yeniliklere ve sosyo-ekonomik kalkınma hedeflerine nasıl etki ettiğini sistematik biçimde görünür kılar.

Ele alınan yayınlardaki STEM eğitimine yönelik fırsatlar incelendiğinde (Tablo 4) üst düzey becerilerin gelişimi (f=143), STEM alanlarına yönelik yönlendirme ve motivasyon (f=39), pedagojik uygulama ve entegrasyon fırsatları (f=41), sistemsel ve kurumsal gelişim fırsatları (f=50), kariyer, eşitlik ve sosyo-ekonomik gelişim fırsatları (f=37) olmak üzere beş ana tema altında toplandığı görülmektedir. Bu yapı, STEM'in geleceğini şekillendiren bilişsel, eğitimsel, teknolojik ve sosyo-ekonomik boyutlarının bütünleşik niteliğini yansıtmaktadır. En yüksek toplam frekansa sahip olan *üst düzey becerilerin gelişimi* ana teması, STEM eğitiminin temel hedefinin ve en büyük faydasının, öğrencilerin bilişsel ve bilişsel olmayan üst düzey becerilerini geliştirmek olduğunu açıkça göstermektedir. Wu ve Anderson (2015) STEM eğitiminin birincil faydasının, öğrencileri küresel ekonomide başarı için hayati öneme sahip olan 21. yüzyıl becerileriyle donatması olduğunu ifade etmişlerdir. Bu becerilerin başında problem çözme gelmektedir. Problem çözme, özellikle yaratıcı düşünme ve eleştirel düşünme becerileriyle yakından ilişkilidir ve STEM odaklı aktiviteler bu becerileri beslemektedir. Kısaca STEM eğitimi öğrencileri "yeni

yüzyılın zorluklarına karşı" üst düzey düşünme becerileriyle donatmayı amaçlamaktadır (Xie & Zhang, 2024). Yine STEM yaklaşımının öğrencilerin akademik başarılarına olan olumlu etkisi sıklıkla ifade edilen faydalardan olmuştur. Akademik başarıdaki bu artış öğrencilerin süreçte geliştirdikleri üst düzey bilişsel becerilere ve bu becerilerin öğrenme süreçlerindeki entegrasyonuna dayandığını düşündürmüştür. *STEM alanlarına yönelik yönlendirme ve motivasyon* ana temasında, kariyer farkındalığı ve meslek tercihi vurgusu ortaya çıkmıştır. Öğrencilerin STEM alanlarına ilgisinin artması, sadece akademik yönelim değil, ekonomik kalkınma ve yenilikçi insan kaynağı geliştirme stratejisi olarak görülebilir. Ayrıca, motivasyon ve öğrenmeden keyif alma bulgusu, gelecekte STEM'in sadece bilişsel değil, duyuşsal öğrenme çıktılarıyla da değerlendirileceğine işaret etmektedir. *Pedagojik uygulama ve entegrasyon fırsatları* ana teması ise STEM'in gelecekte öğrenme ortamlarının dönüşümünü ortaya koyan bir temadır. Teknolojik entegrasyon ve proje/tasarım tabanlı öğrenme temaları, Shernoff vd.'nin çalışmasında da (2017) ortaya koyduğu biçimde, öğretmenlerin yenilikçi öğrenme ortamları kurma ve öğrenci merkezli öğrenmeyi benimseme eğiliminde olduklarını göstermektedir. Ayrıca içeriğin görselleştirilmesi ve disiplinlerarası yaklaşım, STEM'in soyut bilgiyi somut öğrenme deneyimlerine dönüştürdüğünü ortaya koymaktadır. Bu eğilim, YZ, VR/AR ve büyük dil modelleri (LLM) gibi teknolojilerin, öğretim sürecinde bilişsel köprü işlevi göreceğine işaret etmektedir. *Sistemsel ve kurumsal gelişim* ana teması altındaki fırsatlar, geleceğin STEM çerçevesinin yalnızca sınıf düzeyinde değil, kurumsal ve politik düzlemde inşa edilmesi gerektiğini göstermektedir. Özellikle dijital okuryazarlık, VR/AR, YZ ve robotik teknolojilerin eğitimde kullanımı öğretim süreçlerinde

dönüştürücü bir paradigma yaratmaktadır. Bunun yanında öğretmenlerin profesyonel gelişimi ve özerkliği vurgusu, sürdürülebilir STEM uygulamalarının temelinde öğretmen yetkinliğinin bulunduğunu göstermektedir. Bu bulgu, Shernoff vd. (2017)'deki profesyonel gelişim vurgusuyla örtüşmektedir. Son olarak *kariyer, eşitlik ve sosyo-ekonomik gelişim* ana teması, STEM'in yalnızca öğretimsel bir araç değil, toplumsal dönüşüm aracı olduğunu ortaya koymaktadır. Eşitlik ve kapsayıcılık, özellikle dezavantajlı grupların STEM'e erişimini artırma potansiyeline işaret etmektedir. Ekonomik rekabet ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı ise STEM'in uluslararası rekabet gücü ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri (hedef 4 ve hedef 9) (United Nations, 2015) ile olan doğrudan bağlantısına işaret etmektedir.

Genel olarak Tablo 4'te ortaya konan tematik yapı, STEM eğitiminin geleceğinde bilişsel yetkinlik, teknoloji entegrasyonu ve sosyo-ekonomik kapsayıcılığın eş zamanlı gelişeceğini göstermektedir. STEM'in sunduğu fırsatlar bir "çok amaçlı cep çakısı" gibi eğitim sisteminin farklı bileşenlerine aynı anda hizmet edebilen bir yapıdadır. Her ne kadar temelinde dört ana araç (bilim, teknoloji, mühendislik, matematik) olsa da bu araçlar birbirine entegre edildiğinde, sadece tek tek disiplinlerin yapabileceği işlerden çok daha fazlasını yapabilen güçlü ve esnek bir öğrenme aracı oluşturacaktır. Öğrencilerin üst düzey düşünme becerilerinin gelişimi, öğretmenlerin mesleki özerkliği ve sistemlerin dijital dönüşümü, geleceğin STEM altyapısının üç temel dayanağı olarak öne çıkmaktadır.

Tablo 4.*STEM eğitiminin fırsatlarına ilişkin tematik analiz sonuçları*

Ana Tema	Alt Tema	f
Üst Düzey Becerilerin Gelişimi	Problem çözme becerileri	32
	21. yüzyıl yetkinliklerinin kazanılması	31
	Eleştirel ve yaratıcı düşünme	28
	Akademik başarı ve öğrenme üzerinde olumlu etki	22
	Bilimsel yaratıcılık ve inovasyon yeteneği	15
	Bilişimsel düşünme, programlama ve robotik becerileri	10
	Dijital ve teknolojik okuryazarlık	3
	İş birliği ve iletişim becerileri	1
	Öz yeterlilik ve öz kavramın gelişimi	1
STEM Alanlarına Yönelik Yönlendirme ve Motivasyon	STEM kariyer farkındalığı ve meslek tercihine etki	15
	STEM alanlarına yönelik tutum ve ilginin artırılması	14
	Motivasyon ve öğrenmeden keyif alma	6
	Bilişsel bilgiyi somut ürünlere/uygulamalara dönüştürme	4
Pedagojik Uygulama ve Entegrasyon Fırsatları	Teknolojik entegrasyon ve dönüştürücü öğrenme ortamları	10
	Proje tabanlı / tasarım tabanlı öğrenme	10
	İçeriğin görselleştirilmesi ve anlaşılırlığının artırılması	9
	Disiplinlerarası ve bütünleşik yaklaşım	8
	Sorgulamaya dayalı öğrenme uygulamaları	3
	Gerçek dünya problemleri ve otantik öğrenme deneyimleri	1
	Dijital okuryazarlık ve eğitimde yeni teknolojilerin kullanımı	14

Sistemsel ve Kurumsal Gelişim Fırsatları	Öğretmenler için mesleki gelişim ve eğitimi, öğretmen özerkliği	13
	Okul dışı öğrenme ortamları (BİLSEM, kamp, vb.)	13
	YZ/LLM'ler ile kişiselleştirme ve içerik desteği	10
Kariyer, Eşitlik ve Sosyo-Ekonomik Gelişim	STEM kariyerlerinin ve işgücü piyasası yetkinliklerinin desteklenmesi	13
	Eşitlik, kapsayıcılık ve fırsat eşitsizliğinin azaltılması	10
	Ekonomik rekabet ve sürdürülebilir kalkınmaya katkı	10
	Girişimcilik becerilerinin gelişimi	4

STEM eğitiminde karşılaşılan zorlukların bugünü ve geleceğine dair analiz

STEM eğitiminin bugünü ve geleceği de karşılaşılan zorlukların analizi, STEM eğitimine yönelik politika, planlama ve uygulama süreçlerinin gelecekte nasıl şekilleneceğine dair kritik bir çerçeve sunmakta ve alanın ihtiyaçlarını daha görünür kılmaktadır. Bu analiz aynı zamanda, öğretmen yeterlikleri, kurumsal altyapı, müfredat uyumu, öğrenci tutumları ve teknolojik dönüşüm gibi temel bileşenlerin hangi noktalarda güçlendirilmeye ihtiyaç duyduğunu ortaya koyarak, karar vericilerin stratejik önceliklerini belirlemesine katkı sağlamaktadır. Bu yönüyle çalışmanın bu bölümü, STEM'in sürdürülebilir biçimde yaygınlaştırılabilmesi için hem mevcut uygulamaların sınırlılıklarını hem de gelecekte ortaya çıkabilecek sistemsel riskleri bütüncül bir bakışla değerlendirmeye imkân vermektedir.

Tablo 5 incelendiğinde STEM eğitiminde karşılaşılan zorluklar en yüksek oranda altyapı, kurumlar arası işleyiş ve finansman

gibi yapısal unsurları kapsayan *kurumsal, finansal ve fiziksel altyapı engelleri* (f=59) etrafında yoğunlaştığı görülmektedir. Bunu yakın bir oranla *öğretmen yeterlikleri, hazırlık ve mesleki gelişim eksiklikleri* (f=54) izlemektedir. Üçüncü büyük zorluk alanı ise *müfredatla bütünleştirme ve uygulama süreçlerinde karşılaşılan sınırlılıklar* (f=38) olarak ortaya çıkmıştır. Bu tema STEM'in sınıf içi ve okul düzeyinde ne ölçüde uygulanabileceğini belirleyen kritik bir faktörü temsil etmektedir. *Öğrencilerin ilgi, motivasyon ve bilişsel hazırbulunuşluklarına ilişkin zorluklar* (f=20) STEM uygulamalarının öğrenen odaklı etkilerini doğrudan şekillendirmektedir. *Eşitlik, Kapsayıcılık ve Sosyoekonomik Engeller* (f=20) ise dezavantajlı öğrencilerin STEM olanaklarına erişimindeki sınırlılıklar, sosyoekonomik durumun öğrenme fırsatlarını belirlemesi ve kapsayıcı uygulamaların yetersizliği gibi STEM eğitiminin geleceğinde mutlaka ele alınması gereken kritik risk alanları olarak öne çıkmaktadır. Son olarak, hızla gelişen yapay zekâ araçlarının eğitim ortamına entegrasyonunda karşılaşılan etik, güvenlik ve teknik sorunları kapsayan *YZ kullanımına ilişkin zorluklar* (f=15) gelecekte STEM eğitiminin teknoloji yönetimine dayalı yeni risk alanlarıyla karşılaşacağını göstermektedir.

Tablo 5.*STEM eğitimi sürecinde karşılaşılan zorluklara ilişkin tematik analiz sonuçları*

Ana Tema	Alt Tema	f
Kurumsal, Finansal ve Fiziksel Altyapı Engelleri	Yetersiz/eski laboratuvar ve fiziksel tesisler	13
	Finansman ve genel kaynak kıtlığı	12
	Dijital/teknik altyapı ve erişilebilirlik sorunları	10

	Büyük sınıflar, öğrenci çeşitliliği ve yönetim zorlukları	7
	Yetersiz öğretim/planlama zamanı	5
	Yüksek maliyetli teknolojiler (VR/AR, YZ araçları)	4
	Kurumlar arası iş birliği eksikliği	4
	Kötü liderlik/yönetim	2
	Eğitimciler için teşvik eksikliği	2
Öğretmen Yeterliliği, Hazırlık ve Mesleki Gelişim Eksiklikleri	Mesleki gelişim ve eğitim fırsatlarının yetersizliği	17
	Öğretmenlerin alan ve pedagojik bilgi eksikliği	10
	STEM hakkında yanlış anlamalar ve kavram yanılgıları	9
	Yeni yaklaşımlara karşı öğretmen isteksizliği/direnci	4
	Öğretim yöntem/içerikleri geliştirmede yetersizlik	4
	Geleneksel öğretim metotlarına bağlılık	4
	Nitelikli STEM eğitimcisi eksikliği	3
	Öğretmen yeterliliği ve öz yeterlilik eksikliği	3
Müfredat ile bütünleştirme ve Uygulama Zorlukları	STEM etkinliklerini tasarlama ve uygulamadaki zorluklar	13
	Zaman kısıtlaması, iş yükü ve proje yoğunluğu	11
	Müfredatın katılığı, yoğunluğu ve STEM İçeriği kısıtlılığı	8

	Disiplinlerarası yaklaşımı uygulamada zorluk	6
Öğrenci İlgisi ve Pedagojik/ Bilişsel Zorluklar	Öğrenci ilgisizliği, motivasyon kaybı	9
	Olumsuz tutumlar, kaygı ve stres	3
	Teknolojiye yönelik tutum ile STEM algısı arasındaki negatif ilişki	3
	Bilişsel zorluklar	3
	Soyut kavramları gerçek hayatla ilişkilendirememe	2
Eşitlik, Kapsayıcılık ve Sosyoekonomik Engeller	Az temsil edilen gruplara yönelik kurumsal/sosyal engeller	9
	Sosyoekonomik eşitsizlik ve fırsat uçurumunun genişlemesi	8
	Kapsayıcılık odaklı öğretim zorluğu ve bireysel farklılıklar	3
YZ Kullanımının Etik ve Teknik Riskleri	YZ'nin etik/güvenlik riskleri	6
	YZ araçlarında dil desteği eksikliği (Ör. Türkçe)	3
	YZ geribildirimlerinin yanlış veya pedagojik olarak uygunsuz olması	3
	YZ'ye aşırı bağımlılık ve eleştirel düşünmenin azalması	3

Tablo 5'te görüldüğü üzere STEM etkinliklerinin başarıyla uygulanmasını engelleyen faktörler arasında donanımlı bilim ve teknoloji laboratuvarlarının eksikliği sıkça belirtilmiştir. Bu durum, öğrencilerin deneysel öğrenme, uygulama yapma ve üretim süreçlerine aktif katılımını engelleyerek STEM'in doğasına aykırı bir öğrenme ortamı yaratmaktadır. Tespit edilen ihtiyaçlar birçok çalışmada da (Sultana, 2024; Suhirman &

Prayogi, 2023) vurgulanmıştır ve bu eksikliklerin temel nedeni mali yetersizlikler, düşük fonlu okullar (Xie & Zhang, 2024; Sungur Gül vd., 2023) olarak görülmektedir. STEM eğitiminin önündeki engellerden biri de teknik ve teknolojik ihtiyaçların tam manada karşılanamamasıdır. Örneğin internet bağlantısının verimli olmaması, temel araçların (dizüstü bilgisayarlar, tabletler, robotik kitleri vb.) eksikliği (Uğraş & Uğraş, 2024); VR/AR destekli öğrenme için sunucu, port ve görüntüleyici gibi yeterli altyapının bulunmaması ve bu teknolojilerin çok pahalı olması (Jiang vd., 2025) tespit edilen zorluklardandır. Bu bulgu bize, STEM eğitiminin güçlü ve eşit dağıtılmış bir fiziksel/dijital altyapı gerektirdiğini; altyapı eksiklikleri giderilmediği sürece uygulamalı ve teknoloji temelli öğrenmenin sürdürülebilir olmayacağını göstermektedir. Özellikle fiziki koşulları yetersiz okullarda, sınıf mevcudu fazlalığı da eklenince STEM eğitiminin sağlıklı olarak yürütülmesi mümkün olmamaktadır (Sahito & Wassan, 2024). Sürecin sonucunda da zamanın kısıtlılığı ve etkinliklerin yetişmemesi (Sungur Gül vd., 2023; Çiftçi & Topçu, 2022), sınıfın yönetimini sürdürme ve kontrolü kaybetme sorunlarıyla karşılaşılmaktadır (Jiang vd., 2025). Dolayısıyla altyapı yetersizlikleri giderilmediği sürece, öğretmen çabası ve öğretim tasarımlarının etkisinin sınırlı kalacağı anlaşılmaktadır.

Sınıf yönetimin en önemli unsurlarından biri de öğretmenlerin akademik ve pedagojik alan bilgisinin güncel olmasıdır. Özellikle STEM eğitiminde bu unsurlar daha önemli hale gelmektedir. Yapılan çalışmalarda öğretmenlere STEM alanında sunulan yetersiz eğitim fırsatları, yaklaşımın uygulanması önündeki süregelen bir engel olarak rapor edilmektedir (Dare vd., 2021). Her öğretmen eşit derecede bu eğitimlere ulaşma

imkanına sahip değildir. Eğitim alan öğretmenlerin dahi STEM etkinliklerini hazırlamada (Sungur Gül vd., 2023; Çiftçi & Topçu, 2022) ve disiplinlerarasında bağlantıyı kurgulamada (Suhirman & Prayogi, 2023; Breiner vd., 2012) güçlük yaşadıkları bilinmektedir. Bu durum öğretmen eğitimindeki sistematik boşlukların pratikte sınıf içi uygulama zorluklarına dönüştüğünü göstermektedir. Öğretmenlerin alan bilgisi ve pedagojik bilgi eksikliği (Sultana, 2024; Margot & Kettler, 2019); STEM disiplinlerinin birbirine nasıl ilişkilendirildiği konusunda kavram yanılgılarına sahip olmaları (Aslan-Tutak vd., 2017); STEM eğitimi hakkında bilgi ve farkındalık eksikliği (Han vd., 2015) gibi durumlar eğitimcilerin STEM yaklaşımını uygulama durumlarını etkilemektedir. Bu bulgular, STEM eğitiminde sürdürülebilir ve etkili bir sınıf yönetiminin ancak öğretmenlerin sürekli profesyonel gelişimle desteklendiği, öğretme yaklaşımlarını güncellediği ve disiplinlerarası bütünleştirmeyi sağlayabildiği koşullarda mümkün olabileceğini ortaya koymaktadır. Dolayısıyla öğretmen gelişimi, STEM reformunun merkezi bileşenidir.

Öğretmenlerin STEM yaklaşımında yaşadıkları zorluklar, sürecin bir sonraki halkasını, yani öğrenci merkezli duyuşsal ve bilişsel engelleri tetiklemektedir. Zira öğretmen merkezli, geleneksel öğretim metotlarına bağımlılık (Sahito & Wassan, 2024), öğrencilerin konuya karşı ilgisizlik ve motivasyon kaybı yaşamalarına yol açan temel nedenlerdendir (Uğraş & Uğraş, 2024; Shernoff vd., 2017). Öğrenciler, STEM konularını zor, sıkıcı ve ilgi çekici olmayan alanlar olarak algılamakta (Sungur Gül vd., 2023), bu da özellikle matematiğe karşı olumsuz tutumlar geliştirerek akademik başarıdan kaçınmalarına neden olmaktadır (VanLeuvan, 2004). Öğretmenlerin yetersiz hazırlığı,

öğrencilerin soyut bilimsel kavramları günlük yaşamla veya gerçek dünya bağlamlarıyla ilişkilendirmede (Sie & Lin, 2025) yaşadığı bilişsel zorlukları derinleştirmektedir. STEM içeriğinin gerçek yaşam problemleriyle bağlantısının kurulmadığı durumlar da öğrencinin öğrenme sürecinden koptuğunu ve bilişsel yükün arttığını göstermektedir. Ayrıca öğretmen yetersizliği, öğrencilerin bilimi zor bir ders olarak algılamasına ve dolayısıyla STEM kariyerlerinden uzak durmasına neden olmaktadır (Kelley & Knowles, 2016). Dahası, öğrenme ortamlarına dahil edilen yeni nesil teknolojiler (VR/AR, YZ) dahi, eğer mesleki yeterlilikle desteklenmezse, dikkat dağınıklığı ve bilişsel zorluklar gibi yeni engeller yaratmaktadır (Jiang vd., 2025). Öğretmenler ve paydaşlar, YZ araçlarına aşırı bağımlılığın, öğrencilerin sorgulama ve eleştirel düşünme becerilerini azalmasından ve doğru kabul ettikleri bilgilere aşırı güvenmelerinden endişe duymaktadır (Uyar, 2025). Dolayısıyla teknoloji, pedagojik zorlukların üstünü örten bir çözüm değil; doğru kullanıldığında öğrenmeyi destekleyen, yanlış kullanıldığında ise bilişsel engeli artıran bir unsur olarak karşımıza çıkabilir. Bu duyuşsal ve bilişsel zorluklar kümesi, öğretmenlerin karşılaştığı uygulama ve içerik zorluklarıyla iç içe geçerek, öğrencilerin yüksek kaliteli STEM deneyimine erişimini kısıtlamaktadır.

Özellikle STEM eğitiminde başarıyı belirleyen fırsatlara erişim, tüm öğrenciler için eşit dağıtılmadığında sorun derinleşmektedir. Genele oranla az temsil edilen grupların (kız öğrenciler, kırsal bölgelerde yaşayanlar, düşük gelirli ailelerden gelenler veya özel gereksinimli bireyler) kurumsal ve sosyal engellerle daha sık karşılaştığını göstermektedir (Wolfgram vd., 2021; Hora vd., 2019). Bu bulgu, STEM eğitiminin aynı zamanda

güçlü bir sosyal adalet bileşeni olma özelliği taşıdığını göstermektedir. Örneğin Türkiye'de STEM yaklaşımının ilk yıllarında daha çok yüksek sosyoekonomik düzeydeki okullarda uygulandığı ve bu durumun öğrenciler arasındaki fırsat uçurumunun genişlemesine yol açtığı tespit edilmiştir (Karahan, 2025). Bu durum doğrudan kapsayıcılık odaklı öğretimin zorlukları olarak karşımıza çıkmaktadır. Ulusal müfredatların "standart öğrenci profilleri" üzerinden yapılandırılması, öğretmenlerin sosyal, kültürel ve ekonomik farklılıkları dikkate almasını güçleştirmekte; öğretmenler müfredatın bu çeşitliliğe duyarsız kaldığını ve eşitsizlikleri çoğu zaman görünmez kıldığını ifade etmektedir (Karahan, 2025).

Kapsayıcılık ve sosyoekonomik eşitsizliklere ilişkin bu sorunların yanı sıra, son yıllarda eğitim ortamlarında yaygınlaşan YZ araçları STEM uygulamalarına yeni fırsatlar sunduğu kadar, bir dizi etik ve eğitimsel riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu yeni teknolojik dönemin zorluklarının başında, araştırmaların da gösterdiği gibi, YZ tabanlı sistemlerin eğitim süreçlerinde etik ve güvenlik riskleri barındırması gelmektedir. Eğitimciler, YZ sistemlerinin geniş veri setleri topladığı göz önüne alındığında, özellikle veri gizliliği ve güvenliği konusunda büyük endişeler taşımaktadır (Uyar, 2025; Jiang vd., 2025). Uygulama sürecinde ise, YZ geribildirimlerinin güvenirliği temel bir sorun olarak öne çıkmaktadır. Eğitimciler, YZ araçlarının zaman zaman yanlış veya yanıltıcı bilgi sağladığını ve öğrenciler için pedagojik açıdan uygunsuz olabilen geri bildirimler içerebildiğini rapor etmiştir (Uğraş & Uğraş, 2024; Uyar, 2025). Bunun yanında birçok YZ aracının Türkçeye yetersiz dil desteği vermesi nedeniyle öğrencilerin içeriği anlamakta zorlanmasına ve sonuç olarak dijital

eşitsizliğin artmasına neden olmaktadır (Uyar, 2025). Bu durum, teknolojinin nötr bir araç olmadığını, bağlam ve dil desteği olmadığında yeni eşitsizlik biçimleri üretebildiğini göstermektedir. Son olarak YZ araçlarına öğrencilerin aşırı bağımlılığı, YZ çözümlerini sorgulamadan kabul etme ve ardından eleştirel düşünme, sorgulama ve bağımsız problem çözme becerilerinin zayıflaması riskini ortaya çıkarmaktadır (Uğraş & Uğraş, 2024; Uyar, 2025). Bu bulgular, YZ kullanımının eğitimde giderek artmasına rağmen, teknolojinin ancak öğretimsel rehberlik, etik farkındalık ve eleştirel dijital okuryazarlık ile desteklendiği durumlarda anlamlı ve sürdürülebilir bir katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Genel olarak STEM eğitiminde karşılaşılan zorlukların birbirinden bağımsız değil, aksine öğretim ortamları, öğretmen yeterlikleri, öğrenci özellikleri, müfredat yapısı, sosyoekonomik koşullar ve yeni teknolojilerin etik/pedagojik boyutlarının sıkı biçimde ilişkili olduğu görülmektedir. Bu durum, STEM'in yalnızca sınıf içi uygulamalardan ibaret olmadığı; sürdürülebilir ve kapsayıcı bir STEM eğitim sistemi için güçlü altyapı yatırımları, sürekli mesleki gelişim programları, esnek ve bütünleştirici müfredat, kapsayıcı eğitim politikaları ve etik teknoloji entegrasyonu gerektirdiğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, politikacılar, araştırmacılar ve eğitim liderleri için açık bir mesaj taşımaktadır: STEM eğitiminin geleceği, çok boyutlu bu engelleri bütüncül yaklaşımlarla ele alan, öğretmen ve öğrenci ihtiyaçlarını merkeze alan ve teknolojinin sunduğu olanakları etik bir bakış açısıyla yöneten yeni nesil eğitim modellerinin tasarlanmasına bağlıdır. Bu bağlamda, STEM yaklaşımının güçlendirilmesi, yalnızca mevcut zorlukların aşılmasını değil, aynı zamanda geleceğin belirsizliklerine karşı

dayanıklı ve esnek bir öğrenme kültürünün inşa edilmesini mümkün kılacaktır.

STEM eğitiminin geleceğine dair eğilimler ve stratejik öneriler analizi

STEM eğitiminin bugünü ve geleceğine ilişkin ortaya konan fırsat ve zorluklar, sürdürülebilir ve etkili bir STEM yaklaşımının oluşturulabilmesi için birtakım değişikliklere ihtiyaç olduğunu göstermektedir. Bu doğrultuda aşağıdaki eğilimler ve ardından gelen öneriler, politika yapıcılar, öğretmenler, okul yöneticileri ve araştırmacılar için yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır. STEM eğitiminin kalitesini, eşitliğini ve teknolojik gelişmelere adaptasyonunu sağlamak için beş ana alanda iyileştirmeler yapılması gerekmektedir:

1. Öğretmenlerin mesleki gelişiminin sağlanması

- Öğretmenlerin bilim, teknoloji, mühendislik ve matematik arasındaki tutarlılığı ve bağlantıları kurabilmeleri için disiplinlerarası entegrasyon eğitimlerine dayalı mesleki gelişim programları tasarlanmalı (Kelley & Knowles, 2016; Dare vd., 2021; Sungur Gül vd., 2023),
- Öğretmenlerin geleneksel öğretimden uzaklaşarak araştırmaya dayalı öğrenme, mühendislik tasarım süreçleri, proje tabanlı öğrenme ve probleme dayalı öğrenme gibi yaklaşım ve yöntemleri etkin kullanmaları sağlanmalı (Syukri vd., 2021; Wahono vd., 2022; Çiftçi & Topçu, 2022),

- Mesleki gelişim programları, öğretmenlerin 21. yüzyıl becerilerini aktarabilmelerine odaklanmalı (Sungur Gül vd., 2023; Çevik vd., 2024),
- Mesleki gelişim programlarında öğretmenlerin STEM aktivitelerini deneyimlemelerine ve ders planı geliştirme süreçlerinde uygulamalı destek almalarına imkân verilmeli (Oztay vd., 2022),
- Okuma ve yazma gibi dil becerilerini STEM/STEAM ile bütünleştiren; bilişsel hedeflere ve öğrenme süreçlerine katkı sağlayan; öğrencilerin problem çözme ve doğru biliş geliştirmelerine yardımcı olan STREAM yaklaşımına da öğretmen eğitimlerinde yer verilmeli (Sun & Zhong, 2024).
- Özellikle ilkokul öğretmenleri için açık ve belirgin STEM planları sunan kaynaklar geliştirilmeli (Rinke vd., 2016).
- Öğretim materyallerinde basit araç-gereçler yerine robotik setleri, kodlama programları ve 3 boyutlu teknolojiler gibi gelişmiş araçların kullanımı yaygınlaştırılmalı (Fındık vd., 2023; Hebebci & Usta, 2022).
- Okul dışı öğrenme ortamları (bilim merkezleri, kamplar) daha fazla kullanılmalı; bu ortamların öğrencilerin olumlu tutum geliştirmesine katkısı göz önünde bulundurulmalıdır (Sungur Gül vd., 2022).

2. Eşitlik ve kapsayıcılığın sistemik olarak sağlanması

- Yüksek sosyoekonomik arka plana sahip okulları kayıran reform etkileri düzeltilmeli; dezavantajlı öğrencilerin nitelikli STEM programlarına erişimi artırılmalı (Karahan, 2025),

- Kapsayıcı öğretim kapsamında, öğretmenlerin öğrencilerin bireysel, sosyal, kültürel ve ekonomik farklılıklarına duyarlı materyal ve yöntemler kullanmaya teşvik edilmeli (Karahan, 2025),
- Okullarda teknik altyapı eksiklikleri ve fiziki kaynak yetersizlikleri giderilmeli,
- YZ araçları ve güncel teknolojiler için gerekli donanım eksikliği çözülmeli (Jiang vd., 2025; Nawaz vd., 2023),
- Az temsil edilen grupların STEM alanlarına katılımını artırmaya yönelik destekleyici stratejiler geliştirilmelidir.

3. YZ ve teknolojinin etik ve pedagojik yönetimi

- YZ kullanımında veri gizliliği, algoritmik önyargı ve siber güvenlik endişelerini giderecek sağlam politikalar oluşturulmalı (Uyar, 2025; Jiang vd., 2025),
- Öğrencilerin YZ'ye aşırı bağımlılık geliştirmesinin önlenmeli; eleştirel düşünme ve açıklama üretme becerilerini koruyacak öğretmen rehberliği sağlanmalı (Uğraş & Uğraş, 2024; Uyar, 2025),
- YZ araçlarının yanlış veya pedagojik açıdan uygunsuz geri bildirim üretme riskine karşı öğretmenlerin farkındalığı artırılmalı,
- Türkçe gibi daha az temsil edilen dillere yönelik YZ dil desteği yetersizliği giderilmelidir (Uğraş & Uğraş, 2024; Uyar, 2025),
- Öğrencilerin bilgi okuryazarlığı ve eleştirel dijital okuryazarlık becerileri geliştirilmeli (Uyar, 2025),
- Robotik ve kodlama eğitimleri, hesaplamalı düşünme ve problem çözme becerilerini artırmak için

yaygınlaştırılmalı (Darmawansah vd., 2023; Su & Yang, 2023; Yang vd., 2023; Arafat vd.., 2024),
- Eğitim programlarına YZ, siber güvenlik ve YZ etiği gibi içerikler dahil edilmeli (Nuangchalerm & Prachagool, 2023; Triplett, 2023),
- Sanal ve artırılmış gerçeklik (VR/AR) teknolojilerinin STEM uygulamalarına entegrasyonuna odaklanılmalı (Talan, 2021; Akhmedova & Ibragimov, 2023).

4. Kariyer farkındalığı ve yeni teknolojilerin entegrasyonu

- Öğrencilerin STEM kariyerlerine yönelik farkındalıklarını artırmak için mühendis ve bilim insanlarının çalışma ortamlarına okul dışı ziyaretler düzenlenmeli (Baran vd., 2019; Hastürk & Öztürk İrtem, 2021),
- Kız öğrenciler ve az temsil edilen grupların STEM alanlarına yönelik ilgi ve öz yeterliliklerinin artırılmasına yönelik stratejiler geliştirilmeli (Makarova vd., 2019; Chan vd., 2020).

5. Araştırma yöntemleri ve yeni odak alanları

- Araştırmaların çoğunlukla ortaokul düzeyine odaklanması nedeniyle, ilkokul 1. ve 2. sınıf dahil diğer eğitim seviyelerine yönelik çalışmalar artırılmalı (Fındık vd., 2023; Sungur Gül vd., 2022).
- Başarısız veya olumsuz sonuçlar da rapor edilmeli; bu durum etkisiz uygulamaların tekrarlanmasını önlemek için önemlidir (Sungur Gül vd., 2022).

- Araştırmalar fizik alanının ötesine geçerek kimya, biyoloji gibi diğer STEM alanlarına genişletilmeli (Sungur Gül vd., 2022).
- Daha genellenebilir sonuçlar elde etmek için geniş örneklem grupları kullanılmalı ve boylamsal araştırmalara ağırlık verilmelidir (Hebebci & Usta, 2022; Sungur Gül vd., 2022).
- Çoğu çalışmanın nicel yöntemlerle yapıldığı göz önüne alındığında, niteliksel analizlerin artırılması ve karma yöntemli araştırmaların teşvik edilmesi, STEM eğitiminin kalitesine dair daha derinlemesine tartışmaların yapılmasını sağlayacaktır (Sungur Gül vd., 2023).

Sonuç

Bu bölümde sunulan kapsamlı analiz, STEM eğitiminin güncel durumunun yalnızca sınıf içi uygulamalarla açıklanamayacak kadar çok katmanlı bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. İncelenen araştırmalar, etkili bir STEM uygulamasının güçlü altyapı, pedagojik hazırlık, esnek bir öğretim programı ve öğrencilerin bilişsel-duyuşsal ihtiyaçlarına duyarlı öğrenme ortamları gerektirdiğini ortaya koymaktadır. Fırsatlar ve zorluklar temaları birlikte değerlendirildiğinde, STEM'in geleceğinin yalnızca teknoloji odaklı bir yaklaşımdan ibaret olmadığını; aksine, öğretmen niteliğinden dijital kapsayıcılığa, etik ilkelerden sosyal adalete uzanan geniş bir sistem bütünlüğü içinde ele alınması gerektiği görülmektedir. Bu çerçevede STEM, yalnızca bireysel öğrenme çıktılarını merkeze almakla kalmayarak, aynı zamanda toplumun bilimsel okuryazarlığını,

dijital yetkinliğini ve yenilik kapasitesini güçlendiren bir eğitim paradigması niteliği de taşımaktadır.

Bulgular ayrıca, STEM eğitiminin sürdürülebilir bir gelişim gösterebilmesi için süreçteki her bileşenin aynı anda güçlendirilmesine ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır. Öğretmen eğitimine yapılacak uzun vadeli yatırımlar, okul dışı öğrenme deneyimlerinin daha geniş kitlelere ulaştırılması, YZ ve yeni teknolojilerin sorumlu kullanımına yönelik rehberlik mekanizmalarının kurulması ve sosyoekonomik eşitsizliklerin azaltılmasına yönelik planlanacak politikalar bu dönüşümün kritik bileşenleridir. Bu doğrultuda STEM eğitimi, geleceğin belirsizliklerine karşı öğrencileri hazırlayan, eleştirel düşünme ve üretken problem çözmeyi merkeze alan, kapsayıcı ve etik temelde yükselen bir ekosistem hâline gelmek zorundadır. Böyle bir yaklaşım hem araştırma hem politika hem de uygulama düzeyinde yeni bir vizyon gerektirmekte olup, bu bölümde ortaya konan analizler bu vizyonun inşasında yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır.

Kaynakça

Akhmedova, M. G., & Ibragimov, G. I. (2023). Uncovering patterns and trends in online teaching and learning for STEM education. *Contemporary Educational Technology*, *15*(3), ep444. https://doi.org/10.30935/cedtech/13363

Arafat, M. H., Budiyanto, C. W., Yuana, R. A., & Fenyvesi, K. (2024). Educational Robotics: Evaluating the Role of Computational Thinking in Attaining 21st Century Skills. *Open Education Studies*, *4*(1), 322–338. https://doi.org/10.1515/edu-2022-0174

Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, *8*(1), 19-32. https://doi.org/10.1080/1364557032000119616

Aslan-Tutak, F., Akaygün, S., & Teksezen, S. (2017). Collaboratively learning to teach STEM: Change in participating pre-service teachers' awareness of STEM. *Hacettepe University Journal of Education*, *32*(4), 794–816.

Bano, S., Atif, K., & Mehdi, S. A. (2024). Systematic review: Potential effectiveness of educational robotics for 21st century skills development in young learners. *Education and information technologies*, *29*(9), 11135-11153. https://doi.org/10.1007/s10639-023-12233-2

Baran, E., Canbazoglu Bilici, S., Mesutoglu, C., & Ocak, C. (2019). The impact of an out-of-school STEM education program on students' attitudes toward STEM and STEM careers. *School Science and Mathematics*, *119*(4), 223–235. https://doi.org/10.1111/ssm.1233

Bardoe, D., Hayford, D., Bio, R. B., & Gyabeng, J. (2023). Challenges to the implementation of STEM education in the Bono East Region of Ghana. *Heliyon*, *9*(9), Article e20416. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20416

Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. M. (2012). What Is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics*, *112*(1), 3–11. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2011.00109.x

Chen, Y. L., Huang, L. F., & Wu, P. C. (2021). Preservice preschool teachers' self-efficacy in and need for STEM education professional development: STEM pedagogical belief as a mediator. *Early Childhood Education Journal*, *49*(2), 137–147. https://doi.org/10.1007/s10643-020-01055-3

Çiftçi, A., & Topçu, M. S. (2022). Pre-service early childhood teachers' challenges and solutions to planning and implementing STEM education–based activities. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, *22*(2), 422–443. https://doi.org/10.1007/s42330-022-00206-5

Çorlu, M. S., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2014). Introducing STEM education: Implications for educating our teachers in the age of innovation. *Education and Science, 39*(171), 74-85.

Dare, E. A., Ring-Whalen, E. A., Roehrig, G. H., & Wieselmann, J. R. (2021). Understanding science teachers' implementations of integrated STEM curricular units through the lens of self-efficacy and teaching beliefs. *International Journal of STEM Education, 8*(1), 25. https://doi.org/10.1186/s40594-018-0101-z

Darmawansah, D., Hwang, G. J., Chen, M. R. A., & Liang, J. C. (2023). Trends and Research Foci of Robotics-Based STEM Education: A Systematic Review From Diverse Angles Based on the Technology-Based Learning Model. *International Journal of STEM Education, 10*(1), 12. https://doi.org/10.1186/s40594-023-00400-3

Department of Education and Skills. (2017). *STEM Education Policy Statement 2017–2026 and Implementation Plan 2017–2019*. Government of Ireland. https://assets.gov.ie/25365/3b3b0c9a4e5a4f76a9ec5e5d95b18e77.pdf

Fındık, N., Ültay, N., & Ültay, E. (2023). Türkiye'deki ilkokullarda yapılan STEM eğitimi uygulamaları betimsel içerik analizi. *Karadeniz Sosyal Bilimler Dergisi*, *15*(28), 163-176. https://doi.org/10.38155/ksbd.1241470

Han, S., Yalvac, B., Capraro, M. M., & Capraro, R. M. (2015). In-service teachers' implementation and understanding of STEM project-based learning. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, *11*(1), 63–76. https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1306a

Hastürk, H. G., & İrtem, E. Ö. (2021). Investigation of secondary school students' attitude towards technology and their STEM perceptions: Turkey sample. *African Educational Research Journal*, *9*(2), 739–752. https://doi.org/10.30918/AERJ.93.21.113

Hebebci, M. T., & Usta, E. (2022). The effects of integrated STEM education practices on problem solving skills, scientific creativity, and critical thinking dispositions. *Participatory Educational Research*, *9*(6), 358–379. https://dx.doi.org/10.17275/per.22.143.9.6

Hora, M. T., Smolarek, B. B., Martin, K. N., & Scrivener, L. (2019). Exploring the Situated and Cultural Aspects of Communication in the Professions: Implications for Teaching, Student Employability, and Equity in Higher Education. *American Educational Research Journal*, *56*(6), 2221-2261. https://doi.org/10.3102/0002831219840333

Hsu, Y.-S., & Fang, S.-C. (2019). Opportunities and challenges of STEM education. In Y.-S. Hsu & Y.-F. Yeh (Eds.), *Asia-Pacific STEM teaching practices* (pp. 1-16). Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-0768-7_1

Ilma, A. Z. ., Wilujeng, I. ., Nurtanto, M., & Kholifah, N. . (2023). A Systematic Literature Review of STEM Education in Indonesia (2016-2021): Contribution to Improving Skills in 21st Century Learning. *Pegem Journal of Education and Instruction*, *13*(2), 134–146. https://doi.org/10.47750/pegegog.13.02.17

Jamaluddin, F., Razak, A. Z. A., & Rahim, S. S. A. (2025). Navigating the challenges and future pathways of STEM education in Asia-Pacific region: A comprehensive scoping review. *STEM Education*, *5*(1), 53-88. https://doi.org/10.3934/steme.2025004

Jantakun, T., Jantakun, K., & Jantakoon, T. (2025). Bibliometric Analysis of Artificial Intelligence in STEM Education. *Higher Education Studies*, *15*(1), 69-81. https://doi.org/10.5539/hes.v15n1p69

Jiang, H., Zhu, D., Chugh, R., Turnbull, D., & Jin, W. (2025). *Virtual reality and augmented reality-supported K-12 STEM learning: Trends, advantages and challenges*. *Education and Information Technologies*, 30, 12827-12863. https://doi.org/10.1007/s10639-024-13210-z

Karahan, E. (2025). Investigating the early years of STEM education reform in Türkiye from an equity standpoint. *The Urban Review*, *57*(1), 51-71. https://doi.org/10.1007/s11256-024-00711-x

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, *3*(1), 1–11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Lee, M. H., Chai, C. S., & Hong, H.-Y. (2019). STEM education in Asia Pacific: Challenges and development. *The Asia-Pacific Education Researcher*, *28*(1), 1-4. https://doi.org/10.1007/s40299-018-0424-z

Luan, L., Lin, X., & Dai, Y. (2025). Bridging the Gap: ChatGPT's Role in Enhancing STEM Education. *Open Praxis*, *17*(1), 108–128. https://doi.org/10.55982/openpraxis.17.1.685

Makarova, E., Aeschlimann, B., & Herzog, W. (2019). The gender gap in STEM fields: The impact of the gender stereotype of math and science on secondary students' career aspirations. *Frontiers in Education*, *4*, 60. https://doi.org/10.3389/feduc.2019.00060

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

Mezinska, S., Abolina, A., & Lubkina, V. (2024). Design-driven innovation in STEM disciplines in higher education: The role and impact of transversal competences. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, *10*(4), Article 100429. https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100429

Nguyen, T. H. T., & Truong, V. L. (2025). EduNext – Social constructivist education: Opportunities for STEM education development through team learning and collaboration. *2025 10th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed)* (pp. 1-6). IEEE. https://doi.org/10.1109/iSTEM-Ed65612.2025.11129442

Nuangchalerm, P., & Prachagool, V. (2023). AI-driven learning analytics in STEM education. *International Journal of Research in STEM Education*, *5*(2), 77–84. https://doi.org/10.33830/ijrse.ijrse.v5i2.1596

Otto, S., Lavi, R., & Bertel, L. B. (2025). Human-GenAI interaction for active learning in STEM education: State-of-the-art and future directions. *Computers & Education, 239*, Article 105444. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2025.105444

Oztay, E. S., Aydin-Gunbatar, S., & Ekiz-Kiran, B. (2022). Assessing chemistry teachers' needs and expectations from integrated STEM education professional developments. *Journal of Pedagogical Research, 6*(2), 29–43. https://dx.doi.org/10.33902/JPR.202213478

Rinke, C. R., Gladstone-Brown, W., Kinlaw, C. R., & Cappiello, J. (2016). Characterizing STEM teacher education: Affordances and constraints of explicit STEM preparation for elementary teachers. *School Science and Mathematics, 116*(6), 300–309. https://doi.org/10.1111/ssm.12185

Parviz, M. (2024). AI in education: Comparative perspectives from STEM and non-STEM instructors. *Computers and Education Open, 6*, Article 100190. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2024.100190

Qablan, A. (2021). Assessing teachers education and professional development needs to implement stem after participating in an intensive summer professional development program. *Journal of STEM Education: Innovations and Research, 22*(2), 75–79.

Qureshi, A., & Qureshi, N. (2021). Challenges and issues of STEM education. *Advances in Mobile Learning Educational Research, 1*(2), 146-161. https://doi.org/10.25082/AMLER.2021.02.009

Sahito, Z., & Wassan, S. H. (2024). Literature Review on STEM Education and Its Awareness among Teachers: An Exploration of Issues and Problems with Their Solutions. *SAGE Open, 14*(1), 1–21. https://doi.org/10.1177/21582440241236242

Setiawan, M. E., Suwono, H., Nur, H., Sulisetijono, S., & Husamah, H. (2025). Fueling entrepreneurship in STEM: Unveiling trends, educational programs, and their impact. *Social Sciences & Humanities Open, 12*, Article 101798. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2025.101798

Shernoff, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M., & Ginsburg, L. (2017). *Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education*. *International Journal of STEM Education, 4*(1), 13. https://doi.org/10.1186/s40594-017-0068-1

Sie, Y., & Lin, K. Y. (2025). Effects of psychological capital and cognition on STEM learning in IOT smart energy-saving projects. *Journal of Baltic Science Education, 24*(2), 340–359. https://doi.org/10.33225/jbse/25.24.340

Singh, C. P., & Kumar, K. (2025).The Impact of Augmented Reality on Student Engagement and Retention in STEM Education, *3rd International Conference on Communication, Security, and Artificial Intelligence (ICCSAI)*, Greater Noida, India, pp. 1149-1153, https://doi.org/10.1109/ICCSAI64074.2025.11064504

Su, J., & Yang, W. (2023). A Systematic Review of Integrating Computational Thinking in Early Childhood Education. *Computers and Education Open, 4*, 100122. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2023.100122

Suhirman, S., & Prayogi, S. (2023). Overcoming challenges in STEM education: A literature review that leads to effective pedagogy in STEM learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 9*(8), 432–443. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i8.4715

Sultana, T. (2024). Developing a framework for integrating STEM approach at primary education of Bangladesh. *Discover Education, 3*(112). https://doi.org/10.1007/s44217-024-00188-6

Sun, D., Cheng, G., Yu, P. L. H., Jia, J., Zheng, Z., & Chen, A. (2025). Personalized stem education empowered by artificial intelligence: a comprehensive review and content analysis. *Interactive Learning Environments*, *33*(7), 4419–4441. https://doi.org/10.1080/10494820.2025.2462156

Sun, W., & Zhong, B. (2024). Integrating reading and writing with STEAM/STEM: A systematic review on STREAM education. *Journal of Engineering Education*, *113*(4), 939-958. https://doi.org/10.1002/jee.20569

Sungur Gül, K., Saylan Kirmizigul, A. S., Ates, H., & Garzon, J. (2023). Advantages and challenges of STEM education in K-12: Systematic review and research synthesis. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, 9(2), 283-307. https://doi.org/10.46328/ijres.3127

Talan, T. (2021). Augmented reality in STEM education: Bibliometric analysis. *International Journal of Technology in Education*, *4*(4), 605–623. https://doi.org/10.46328/ijte.136

Terzieva, V., Paunova-Hubenova, E., & Slavcheva, S. (2024). Trends, challenges, opportunities, and innovations in STEM education. *IFAC-PapersOnLine, 58*(3), 106-111. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.134

Thomason, D., & Hsu, P. L. (2025). The effect of a STEM integrated curriculum on design thinking dispositions in middle school students. *International Journal of Technology and Design Education, 35*(1), 83-121. https://doi.org/10.1007/s10798-024-09894-6

Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., ... & Straus, S. E. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine, 169*(7), 467-473. https://doi.org/10.7326/M18-0850

Trichkova-Kashamova, E., Paunova-Hubenova, E., Boneva, Y., & Dimitrov, S. (2024). Criteria and approaches for

optimization of innovative methods for STEM education. *IFAC-PapersOnLine*, *58*(3), 123-128. https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.137

Triplett, W. J. (2023). Addressing cybersecurity challenges in education. *International Journal of STEM Education for Sustainability*, *3*(1), 47–67. http://dx.doi.org/10.53889/ijses.v3i1.132

Uğraş, H., Uğraş, M., Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (2025). Innovative Early Childhood STEM Education with ChatGPT: Teacher Perspectives. *Technology, Knowledge and Learning*, *30*(2), 809-831. https://doi.org/10.1007/s10758-024-09804-8

Uğraş, H., & Uğraş, M. (2024). ChatGPT in early childhood STEM education: Can it be an innovative tool to overcome challenges? *Education and Information Technologies*. 30, 4277–4305. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12960-0

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development.* A/RES/70/1. United Nations General Assembly. https://sdgs.un.org/2030agenda

Uyar, A. (2025). Effective use of artificial intelligence tools in stem education: Perspectives of STEM educators. Journal of Baltic Science Education, 24(3), 552–566. https://doi.org/10.33225/jbse/25.24.552

VanLeuvan, P. (2004). Young Women's Science/Mathematics Career Goals From Seventh Grade to High School Graduation. *The Journal of Educational Research*, *97*(5), 248–268. https://doi.org/10.3200/JOER.97.5.248-268

Wahono, B., Lin, P. L., & Chang, C. Y. (2020). Evidence of STEM enactment effectiveness in Asian student learning outcomes. *International Journal of STEM Education*, *7*(36), 1–18. https://doi.org/10.1186/s40594-020-00236-1

Wang, L., & Mihai, A. (2024). Integrated STEM Education in Early Childhood Classrooms: Voices From the Field. *Early Childhood Education Journal*, 53, 2783–2793. https://doi.org/10.1007/s10643-024-01794-7

Wolfgram, M., Vivona, B., & Akram, T. (2021). On the intersectional amplification of barriers to college internships: A comparative case study analysis. *Harvard Educational Review, 91*(4), 457–482. https://doi.org/10.17763/1943-5045-91.4.457

Wu, Y. T., & Anderson, O. R. (2015). Technology-enhanced stem (science, technology, engineering, and mathematics) education. Journal of Computers in Education, 2, 245-249. https://doi.org/10.1007/s40692-015-0041-2

Xie, Y., & Zhang, X. (2024). Research on the design and implementation of primary school STEM project based on VR coursewares. International Journal of Technology and Design Education, 34(3), 939-955. https://doi.org/10.1007/s10798-023-09848-4

Yang, F. C. O., Lai, H. M., & Wang, Y. W. (2023). Effect of augmented reality-based virtual educational robotics on programming students' enjoyment of learning, computational thinking skills, and academic achievement. *Computers & Education, 195*, 104721. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104721

Yang, H., Hu, L., Wang, H., & Xin, Y. (2025). Impact of Integrating Computational Thinking in STEM Education on Students' Cognitive and Non-Cognitive Skills: A Meta-Analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, *41*(4), e70079. https://doi.org/10.1111/jcal.70079