



**T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FEN BİLGİSİ ÖĞRETİMİNDE GENİŞLETİLMİŞ GERÇEKLİK
UYGULAMALARININ ETKİLİLİĞİ ÜZERİNE BİR META-ANALİZ
ÇALIŞMASI**

DOKTORA TEZİ

AYŞE GÜL ÖZAŞKIN ARSLAN

MART

**FEN BİLGİSİ ÖĞRETİMİNDE GENİŞLETİLMİŞ GERÇEKLİK
UYGULAMALARININ ETKİLİLİĞİ ÜZERİNE BİR META-ANALİZ
ÇALIŞMASI**

Ayşe Gül ÖZAŞKIN ARSLAN

**DOKTORA TEZİ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**Danışman
Prof. Dr. Şafak ULUÇINAR SAĞIR**

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MART 2023

Doktora Tezi Kabul ve Onay Sayfası

Ayşe Gül ÖZAKŞIN ARSLAN tarafından hazırlanan “Fen Bilgisi Öğretiminde Genişletilmiş Gerçeklik Uygulamalarının Etkililiği Üzerine Bir Meta-Analiz Çalışması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Şafak ULUÇINAR SAĞIR

Temel Eğitim, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.....

Başkan: Doç. Dr. Mehmet ERKOL

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi, Afyon Kocatepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILDIZ

Eğitimde Ölçme ve Değerlendirme, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.....

Üye: Doç. Dr. Mehmet TOY

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖZDİNÇ

İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.....

Tez Savunma Tarihi: 23/03/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ayşe Gül ÖZAŞKIN ARSLAN

23.03.2023

FEN BİLGİSİ ÖĞRETİMİNDE GENİŞLETİLMİŞ GERÇEKLİK
UYGULAMALARININ ETKİLİLİĞİ ÜZERİNE BİR META-ANALİZ ÇALIŞMASI
(Doktora Tezi)

Ayşe Gül ÖZAŞKIN ARSLAN

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mart 2023

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, K-12 ve yükseköğretim düzeyinde fen bilimlerine ait disiplinlerde genişletilmiş gerçeğin fen başarısına etkisini inceleyen gerçek ve yarı deneysel çalışmalara ilişkin meta-analiz yapmaktır. Bu amaç doğrultusunda 2000-2021 (Haziran) yılları arasında yayımlanmış çalışmalara ulaşmak için anahtar kelimelerle ISI Web of Knowledge, Scopus, ERIC, ScienceDirect, EBSCO, ProQuest Digital Dissertations, Google Scholar ve YÖK Tez Merkezi elektronik veri tabanlarında tarama yapılmıştır. Çalışmanın amacına uygun olan sanal gerçeklikle ilgili 98 yayına ve 98 etki büyüklüğüne, artırılmış gerçeklikle ilgili 94 yayına ve 100 etki büyüklüğüne ve karma gerçeklikle ilgili 26 yayına ve 27 etki büyüklüğüne ulaşılmıştır. CMA (Comprehensive Meta Analysis) yazılımı kullanılarak her bir gerçeklik türü için ve ayrıca bütüncül bir bakış açısıyla genişletilmiş gerçeklik için rastgele etkiler modeline göre genel etki büyüklüğü (Cohen's d) değerleri hesaplanmıştır. Bu değerler sanal gerçeklik için 0,531; artırılmış gerçeklik için 0,641 ve karma gerçeklik için 0,299 çıkmıştır. En yüksek etki büyüklüğü değeri artırılmış gerçeklik için elde edilmiştir. Elde edilen değerler sanal ve artırılmış gerçeğin fen başarısı üzerinde orta etkiye, karma gerçeğin fen başarısı üzerinde küçük etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Bütüncül olarak bakıldığında genişletilmiş gerçeğin fen başarısı üzerindeki genel etki büyüklüğü 0,553 çıkmış ve bu değer orta etki anlamına gelmektedir. Ayrıca etki büyüklüklerindeki sistematik farklılıkları bulmak ve bunları açıklayabilmek amacıyla moderatör analizleri yapılmıştır. Sanal gerçeklik için 15, artırılmış gerçeklik için 13 ve karma gerçeklik için 13 moderatör incelenmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı olan ve olmayan tüm moderatörler tek tek ele alınmıştır. Genişletilmiş gerçeklik uygulamalarının fen alanında kullanımı; teknoloji, pedagoji ve bilimsel araştırma bağlamlarında yorumlanarak gerekli önerilerde bulunulmuştur.

Sayfa Adedi : 216
Anahtar Kelimeler : Sanal gerçeklik, Artırılmış Gerçeklik, Karma gerçeklik,
Genişletilmiş gerçeklik, Fen başarısı, Akademik başarı, Meta-analiz
Danışman : Prof. Dr. Şafak ULUÇINAR SAĞIR

A META-ANALYSIS ON THE EFFECTIVENESS OF EXTENDED REALITY
APPLICATIONS IN SCIENCE TEACHING
(Doctor of Philosophy Dissertation)

Ayşe Gül ÖZAŞKIN ARSLAN

AMASYA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
March 2023

ABSTRACT

The purpose of this research is to conduct a meta-analysis of true and quasi-experimental studies examining the effect of extended reality applications used in science disciplines on science achievement in K-12 and higher education levels. Electronic databases such as ISI Web of Knowledge, Scopus, ERIC, ScienceDirect, EBSCO, ProQuest Digital Dissertations, Google Scholar and YÖK Thesis Center were searched within the specified keywords to reach the studies published between 2000-2021 (June) and studies that met the inclusion criteria were included in the meta-analysis. Four meta-analyses were done for every reality type such as virtual reality, augmented reality, mixed reality and lastly extended reality, which is a combination of these three. Ninety-eight publications and 98 effect sizes related to virtual reality, 94 publications and 100 effect sizes related to augmented reality, and 26 publications and 27 effect sizes related to mixed reality were reached. Using CMA (Comprehensive Meta Analysis) software, overall effect sizes (Cohen's d) were calculated for each type of reality according to the random effects model, and also for extended reality from a holistic perspective. These values were 0,531 for virtual reality, 0,641 for augmented reality and 0,299 for mixed reality. The highest effect size value was obtained for augmented reality. These values mean that virtual and augmented reality have a medium effect on science achievement and mixed reality has a small effect on science achievement. When considered holistically, the overall effect size of extended reality on science achievement was 0,553; which means a medium effect. moderator analyses were conducted to find and explain systematic differences in effect sizes. Fifteen moderators were analyzed for virtual reality, 13 for augmented reality and 13 for mixed reality. All statistically significant and non-significant moderators were analyzed one by one. The use of extended reality applications in science is interpreted in the contexts of technology, pedagogy and scientific research, and recommendations were made within the scope of results and discussion.

Number of pages : 216
Keywords : Virtual reality, Augmented reality, Mixed reality, Extended reality,
Science achievement, Academic achievement, Meta-analysis
Supervisor : Prof. Dr. Şafak ULUÇINAR SAĞIR

ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR

Disiplinli çalışmayı öğretmesi ve yol göstericiliğiyle, bilgisini paylaşmaktan çekinmeyen tutumuyla tezimi bitirme konusunda desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen, her an kendisine ulaşma şansını bana sunan değerli danışmanım Prof. Dr. Şafak ULUÇINAR SAĞIR'a çok teşekkür ederim. Tüm süreç boyunca yardımcı olan, yanımda olan ve kolaylıklar sağlayan kıymetli hocam Doç. Dr. Mehmet TOY'a teşekkür ederim. Her sıkıştığım da gün ve saat fark etmeksizin, farklı kıtadan bile yardımlarını esirgemeyen, bilgisini paylaşan ve beni motive eden değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILDIZ'a minnettarım. Bu teze bilimsel anlamda çok değerli katkılar yapan ve güzel tutumlarıyla beni onore eden çok kıymetli hocalarım Doç. Dr. Mehmet ERKOL ve Dr. Öğr. Üyesi Fatih ÖZDİNÇ'e çok teşekkür ederim.

Ellerini üzerimden asla çekmeyen, beni sarıp sarmalayan çok sevdiğim canım ANNEM ve BABAMA, çok kıymetli eşim Ömer ARSLAN'a ve çok değerli dostum Şeyma IRMAK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Problem Durumu	1
1.2. Problem Cümlesi	8
1.3. Araştırmanın Amacı	10
1.4. Araştırmanın Önemi	10
1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları	12
1.6. Araştırmanın Varsayımları	13
1.7. Tanımlar	13
2. KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR.....	15
2.1. Kuramsal Çerçeve	15
2.1.1. Eğitim teknolojisi ve tarihçesi	15
2.1.2. Teknoloji destekli öğretim	17
2.1.3. Fen eğitiminde teknoloji kullanımı.....	29
2.2. İlgili Araştırmalar	32
2.2.1. Yurt dışı araştırmaları	32

	Sayfa
2.2.2. Yurt içi araştırmaları.....	40
3. YÖNTEM.....	43
3.1. Araştırma Modeli	43
3.2. Verilerin Toplanması.....	45
3.3. Verilerin Analizi.....	51
4. BULGULAR	54
4.1. Fen Eğitiminde Sanal Gerçeklik Kullanımının Akademik Başarıya Olan Etkisine Yönelik Yapılan Meta-Analizin Bulguları	54
4.1.1. PRISMA akış şeması	54
4.1.2. Fen eğitiminde sanal gerçeklik kullanılan çalışmaların betimsel özellikleri... ..	55
4.1.3. Genel etki büyüklüğü.....	60
4.1.4. Yayım yanlılığı analizleri	63
4.1.5. Çalışmalar arası heterojenlik durumu	64
4.1.6. Moderatör analizleri.....	65
4.2. Fen Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Kullanımının Akademik Başarıya Olan Etkisine Yönelik Yapılan Meta-Analizin Sonuçları.....	77
4.2.1. PRISMA akış şeması	77
4.2.2. Fen eğitiminde artırılmış gerçeklik kullanılan çalışmaların betimsel özellikleri	79
4.2.3. Genel etki büyüklüğü.....	84
4.2.4. Yayım yanlılığı analizleri	87
4.2.5. Çalışmalar arası heterojenlik durumu	88
4.2.6. Moderatör analizleri.....	89

Sayfa

4.3. Fen Eğitiminde Karma Gerçeklik Kullanımının Akademik Başarıya Olan Etkisine Yönelik Yapılan Meta-Analizin Sonuçları.....	98
4.3.1. PRISMA akış şeması	98
4.3.2. Fen eğitiminde karma gerçeklik kullanılan çalışmaların betimsel özellikleri	99
4.3.3. Genel etki büyüklüğü.....	103
4.3.4. Yayın yanlılığı analizleri	105
4.3.5. Çalışmalar arası heterojenlik durumu	107
4.3.6. Moderatör analizleri.....	107
4.4. Bütüncül Bakış: Fen Eğitiminde Genişletilmiş Gerçeklik Kullanımının Akademik Başarıya Olan Etkisine Yönelik Yapılan Meta-Analizin Sonuçları.....	116
4.4.1. Fen eğitiminde genişletilmiş gerçeklik kullanılan çalışmaların betimsel özellikleri	116
4.4.2. Genel etki büyüklüğü.....	123
4.4.3. Yayın yanlılığı analizleri	127
5. TARTIŞMA.....	129
5.1. Sanal Gerçeklik ile İlgili Tartışma	129
5.2. Artırılmış Gerçeklik ile İlgili Tartışma	141
5.3. Karma Gerçeklik ile İlgili Tartışma	151
5.4. Genişletilmiş Gerçeklik.....	159
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	160
6.1. Sonuçlar.....	160
6.1.1. Sanal gerçeklik ile ilgili sonuçlar	160
6.1.2. Artırılmış gerçeklik ile ilgili sonuçlar.....	163

	Sayfa
6.1.3. Karma gerçeklik ile ilgili sonuçlar	165
6.1.4. Genişletilmiş gerçeklik ile ilgili sonuçlar	167
6.2. Öneriler.....	167
6.2.1. Sanal gerçeklik ile ilgili öneriler.....	168
6.2.2. Artırılmış gerçeklik ile ilgili öneriler.....	170
6.2.3. Karma gerçeklik ile ilgili öneriler.....	172
6.2.4. Genişletilmiş gerçeklik ile ilgili öneriler	174
KAYNAKLAR	176
ÖZGEÇMİŞ	215

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.1. Rastgele etkiler modeline göre sanal gerçeklik genel etki büyüklüğü	63
Çizelge 4.2. Sanal gerçeklik meta-analizine dahil edilen çalışmalar arasındaki heterojenlik durumu	65
Çizelge 4.3. Yayın türü kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	66
Çizelge 4.4. Araştırma deseni kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	67
Çizelge 4.5. Okul düzeyi kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	67
Çizelge 4.6. Ortaokul sınıf düzeyi kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu....	68
Çizelge 4.7. Disiplin kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonuçları	69
Çizelge 4.8. Sanal gerçeklik türü kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	70
Çizelge 4.9. Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	71
Çizelge 4.10. Veri toplama aracı kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu.....	72
Çizelge 4.11. Görevin bireysel veya işbirlikli olması kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	72
Çizelge 4.12. Görevin açıklayıcı veya işlemsel olması kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	73
Çizelge 4.13. Geribildirim kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu.....	73
Çizelge 4.14. Öğrenci kontrolü kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	74
Çizelge 4.15. Öğretimin modu kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	75
Çizelge 4.16. Çevreleme durumu kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu.....	76
Çizelge 4.17. Öğrenme ortamı kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	77
Çizelge 4.18. Rastgele etkiler modeline göre artırılmış gerçeklik genel etki büyüklüğü	87

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.19. Artırılmış gerçeklik meta-analizine dahil edilen çalışmalar arasındaki heterojenlik durumu	89
Çizelge 4.20. Yayın türü kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	90
Çizelge 4.21. Çalışmanın deseni kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	90
Çizelge 4.22. Okul düzeyi kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	91
Çizelge 4.23. Ortaokul sınıf düzeyi kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu ..	91
Çizelge 4.24. Disiplin kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonuçları	92
Çizelge 4.25. Artırılmış gerçeklik türü kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	93
Çizelge 4.26. Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	93
Çizelge 4.27. Veri toplama aracı kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	94
Çizelge 4.28. Görevin bireysel veya işbirlikli olması kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	95
Çizelge 4.29. Görevin açıklayıcı veya işlemsel olması kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	95
Çizelge 4.30. Öğretimin modu kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	96
Çizelge 4.31. Çevreleme durumu kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	97
Çizelge 4.32. Öğrenme ortamı kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	97
Çizelge 4.33. Rastgele etkiler modeline göre karma gerçeklik genel etki büyüklüğü	105
Çizelge 4.34. Karma gerçeklik meta-analizine dahil edilen çalışmalar arasındaki heterojenlik durumu	107
Çizelge 4.35. Okul düzeyi kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	108
Çizelge 4.36. Disiplin kateorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	108
Çizelge 4.37. Oyunlaştırma unsuru kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	109

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.38. Hitap edilen duyular kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu.	110
Çizelge 4.39. Manipüle edilen obje kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	110
Çizelge 4.40. Bedenleştirilmiş öğrenme için vücut hareket türleri kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	111
Çizelge 4.41. Baskın olan XR türü kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu.	111
Çizelge 4.42. Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	112
Çizelge 4.43. Veri toplama aracı kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu....	113
Çizelge 4.44. Görevin bireysel veya işbirlikli olması kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	113
Çizelge 4.45. Görevin açıklayıcı veya işlemsel olması kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	114
Çizelge 4.46. Öğretimin modu kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu	115
Çizelge 4.47. Çevreleme durumu kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu...	115
Çizelge 4.48. Ülkelere göre yayın sayısı	118
Çizelge 4.49. Disipline göre yayın sayısı.....	119
Çizelge 4.50. K-12 sınıf düzeyine göre yayın sayıları.....	121
Çizelge 4.51. Rastgele etkiler modeline göre genişletilmiş gerçeklik genel etki büyüklüğü	127

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Geçmişten günümüze eğitimde teknoloji	16
Şekil 2.2. Gerçeklik- sanallık süreklilik çizgisi	18
Şekil 2.3. Sensorama.....	20
Şekil 2.4. Damocles'in kılıcı	21
Şekil 2.5. Oculus Rift kullanımı	22
Şekil 2.6. Dr. Phyz mikro dünyasına ait bir ekran görüntüsü	23
Şekil 2.7. 'Virtual Laboratories Electricity' adlı simülasyondan ekran görüntüsü	24
Şekil 2.8. River City sanal dünyasından bir ekran görüntüsü.....	25
Şekil 2.9. Sağlık alanında artırılmış gerçeklik kullanımı.....	27
Şekil 2.10. (a) Kızıl ötesi kameranın önünde kurulan deney ekipmanları ve Microsoft HoloLens kullanan öğrenci. (b) Microsoft HoloLens'ten görülen hologram ve ısı verileri	29
Şekil 3.1. Kodlama formuna ait bir görsel.....	48
Şekil 4.1. Sanal gerçeklik PRISMA akış şeması	55
Şekil 4.2. Sanal gerçeklikte yıllara göre çalışma sayıları	56
Şekil 4.3. Sanal gerçeklikte ülkelere göre çalışma sayıları.....	57
Şekil 4.4. Sanal gerçeklikte disipline göre çalışma sayısı	58
Şekil 4.5. Sanal gerçeklikte okul düzeyine göre çalışma sayıları	58
Şekil 4.6. Sanal gerçeklikte kontrol grubuna uygulanan yöntem/araca göre çalışma sayıları	59
Şekil 4.7. Sanal gerçeklikte yayın türüne göre çalışma sayısı	60
Şekil 4.8. Sanal gerçeklik orman grafiği.....	61

Şekil	Sayfa
Şekil 4.9. Sanal gerçekliğe ait huni grafiği	64
Şekil 4.10. Artırılmış gerçeklik PRISMA akış şeması	78
Şekil 4.11. Artırılmış gerçeklikte yıllara göre çalışma sayısı	79
Şekil 4.12. Artırılmış gerçeklikte ülkelere göre yayın sayıları	80
Şekil 4.13. Artırılmış gerçeklikte disipline göre çalışma sayıları	81
Şekil 4.14. Artırılmış gerçeklikte okul düzeyine göre çalışma sayıları	82
Şekil 4.15. Artırılmış gerçeklikte kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç	83
Şekil 4.16. Artırılmış gerçeklikte yayın türüne göre çalışma sayısı	84
Şekil 4.17. Artırılmış gerçeklik orman grafiği	85
Şekil 4.18. Artırılmış gerçekliğe ait huni grafiği	88
Şekil 4.19. Karma gerçeklik PRISMA akış şeması	98
Şekil 4.20. Karma gerçeklikte yıllara göre çalışma sayısı	99
Şekil 4.21. Karma gerçeklikte ülkelere göre çalışma sayıları	100
Şekil 4.22. Karma gerçeklikte disipline göre çalışma sayıları	101
Şekil 4.23. Karma gerçeklikte okul düzeyine göre çalışma sayısı	101
Şekil 4.24. Karma gerçeklikte kontrol grubuna uygulanan yöntem/araca göre çalışma sayıları	102
Şekil 4.25. Karma gerçeklikte yayın türüne göre çalışma sayıları	103
Şekil 4.26. Karma gerçeklik orman grafiği	104
Şekil 4.27. Karma gerçekliğe ait huni grafiği	106
Şekil 4.28. Genişletilmiş gerçeklikte tür ve yıla göre çalışma sayıları	117
Şekil 4.29. Genişletilmiş gerçeklikte tür ve disipline göre çalışma sayıları	119

Şekil	Sayfa
Şekil 4.30. Genişletilmiş gerçeklikte tür ve okul düzeyine göre çalışma sayıları	120
Şekil 4.31. Gerçeklik çeşidine göre yayın türleri ve çalışma sayıları	122
Şekil 4.32. Gerçeklik çeşidine göre yayınların araştırma desenleri	123
Şekil 4.33. Genişletilmiş gerçeklik orman grafiği	124
Şekil 4.34. Genişletilmiş gerçekliğe ait huni grafiği	128



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, yanda açıklamaları verilmek üzere aşağıda listelenmiştir.

Simgeler	Açıklama
<i>P</i>	bir istatistiksel modele bağlı olarak gözlemlenen örneklem sonuçlarının ne kadar aşırı olduğunu ölçmek için kullanılan fonksiyon
<i>Q</i>	‘yanlış bulgu oranı’ için düzeltilmiş bir p-değeri
I^2	çalışmalar arası değişkenlikten kaynaklanan bir dizi etki büyüklüğündeki toplam değişkenliğin yüzdesi
<i>k</i>	çalışma sayısı

Kısaltmalar	Açıklama
AR	artırılmış gerçeklik
AV	artırılmış sanallık
CAVE	cave automatic virtual environment
HMD	head-mounted display (başa takılan ekran)
MR	karma gerçeklik
VR	sanal gerçeklik
XR	genişletilmiş gerçeklik

GİRİŞ

Bu bölümde araştırmanın problem durumu ortaya koyularak, amaç ve öneme değinilmiştir. Ayrıca araştırmanın sınırlılıkları ve varsayımları sunulmuştur.

1.1. Problem Durumu

Fenin geleneksel öğretim yöntemlerinden sıyrılarak daha anlamlı bir biçimde nasıl öğretilebileceğine yönelik araştırmaların tarihi bir asırdan fazlaya dayanmaktadır. Armstrong (1902) ‘höristik/sezgisel yaklaşımı’ ile, öğretimin keşfe yönelik olması gerektiğiyle ilgili önerileri alan yazına katmış ve böylece yeni bir çağın kapılarını aralamıştır. Bu sayede safi bilginin aktarım yoluyla öğretiminin imkânsız olduğu; öğrencilerin sadece günlük hayatla ilişkili olanı keşif yoluyla anlamlı bir biçimde öğrenebildiği anlayışı; öğretim ve öğrenimle ilgili yeni bir paradigmanın oluşmasını sağlamıştır. Keşif, anlamlı ve kalıcı öğrenmenin uygulama yönünü ifade eder ancak tek başına yeterli değildir. Keşif için; alana yönelik içerik bilgisi, bağlam ve beceri de gereklidir. Bu anlamda fen dersleri, öğrencilerin bilimsel teorileri ve bilimsel süreçleri simültane bir biçimde öğrenmesini amaçlar ve bu durum, fenin araştırma ve incelemeye dönük bir yapısı olduğunu gösterir (McFarlane ve Sakellariou, 2002).

Bilimsel olguların öğrenciler tarafından ilk elden araştırılması, bilimsel düşünme alışkanlığının geliştirilmesi için gerekli görülmüş ve fenin laboratuvar aracılığıyla öğretimi için temel oluşturulmuştur (Jenkins, 2003). Bu sebeple okullardaki fen öğretiminin ‘uygulama’ bölümünün laboratuvar dersleri aracılığıyla yapılması uygun görülmüştür. Tarih boyunca sosyal ve psikoloji bilimlerinde, ekonomi ve teknoloji alanlardaki gelişmeler; öğretim programlarında ve dolayısıyla fen derslerinin uygulama kısmının nasıl olacağı ve odak noktasının neler olacağıyla ilgili birtakım değişikliklere gidilmesine yol açmıştır. Keşif yapmak için uygulamanın gerekliliği düşüncesi teorik olarak kabul edilse de ‘uygulamanın’ gerçekte nasıl uygulandığı ve ne amaçla yapıldığıyla ilgili pek çok çelişkili sonuçlar ortaya çıkmıştır. Hayal gücü, araştırma, sorgulama, keşif, süreç, beceriler, bilimsel yöntem gibi kavramlarla şekillendirilen fen öğretiminde atılan çoğu adım, uygulama esnasında problemlerin çıkmasına ve sürekliliğin sağlanamamasına sebep olmuştur. Girişimler; sadece bilimsel bilginin kazanımına odaklanılmasıyla, içeriğin fazlalığından ötürü keşif için gerekli

zamanın ayrılamamasıyla, bilimsel süreçlerin izole bir biçimde öğretilmeye çalışılması sonucu öğrencilerin bir araya getirmede zorluklar yaşamasıyla ve derslerin katı bir biçimde yapılandırılmış olmasıyla sonuçlanmıştır (Gott ve Duggan, 1995). Wellington (2003), okuldaki uygulamalı fen derslerinin ‘gerçek’ bilimi yansıtamadığını, teorik bir vakum içerisinde bilimin anlaşılamayacağını, bilimsel süreçleri bağlam ve içerikten kopararak öğretmeye çalışmanın bilimi daha karmaşık hale getirdiğini söylemektedir. Uygulamaya atfedilen değer, gerçek bir sınıf ortamında amacına ulaşamamış ve bilimin doğasına ilişkin pek çok kavram yanlışlığının da ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Onlarca yıldır fen öğretiminin şekillenmesini sağlayan yeni yöntemler sayesinde laboratuvar derslerinin içeriğinde, uygulanma şeklinde ve materyallerinde çeşitlilik sağlanmış; fen öğreniminde etkili olan bileşenler ortaya çıkarılmış ancak çoğu alanda olduğu gibi fen alanında da istendik sonuçların elde edilemediği, PISA ve TIMSS gibi uluslararası düzeyde yapılan değerlendirme araştırmalarının sonuçlarıyla da ortaya koyulmuştur. Uygulamalı fen öğretiminde öğrencilerin sadece ‘ne’ olduğunu görmesi ama ‘neden’ olduğunu anlayamamasının en büyük sebebi; teorilerin soyut yapısı, laboratuvar ekipmanlarını tanıma, deney organize etme, gözlem ve ölçüm yaparak sonuca ulaşma beklentileriyle öğrencilere aşırı yük bindirilmesi olarak ifade edilmektedir (McFarlane ve Sakellariou, 2002). Laboratuvardaki etkinliklere yönelik el kitapçıklarının hazırlanması ve bu kitapçıklardaki yönerge maddelerine uyarak deneyler yaptırılması hem teorilerin yapısı hem de bilimsel yönetime ilişkin pek çok kavram yanlışlığının oluşmasına sebep olmaktadır. Bu durum, uygulamanın gerçekte neye dönüştüğünün bir başka göstergesidir. Keşif ve sorgulama devrimiyle yola çıkılsa da süreç içerisinde gerçek bilimden uzaklaşıldığı ve ‘uygulamanın’ bir reçetede yazanlara adım adım uymak anlamına geldiği görülmektedir. Fizik, kimya ve biyoloji gibi alt alanlardan oluşan ve birbirinden farklı yöntemlere sahip olan fen dersinde öğrenmeyi kolaylaştıracak, öğrenme için alan ve zaman yaratacak araçlara ihtiyaç vardır. Bilim yapmayı kolaylaştıracak, derinlemesine araştırma ve hesaplamalar yapmayı sağlayacak çok çeşitli yazılım teknolojileri; ayrıca etkileşimli etkinlikler, animasyonlar, simülasyonlar, ders modülleri ve kaynaklar sunan web siteleri mevcuttur. Bu tür teknolojiler veri toplama, hipotez kurma ve onları test etme, değişkenleri manipüle etme ve sonuçları gözlemlene imkânı sunmakta ve böylece hem daha güvenli hem de zaman ve maliyetten kazanç sağlamaktadır (Schrum ve Levin, 2009).

Bilimdeki gözle görülmeyen, soyut ve teorik konuların anlaşılması ve fen öğretiminin temelini oluşturan laboratuvar uygulamalarının amacına ulaşabilmesi için, öğrenme ve

öğretmeye bakış açısında köklü bir değişime gidilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bilginin özneliliği ve deneyimler üzerine inşa edilmesiyle ilişkili olan yapılandırmacı epistemoloji; öğretim programlarında bilgi, bilginin kazanımı ve bu kazanım için izlenecek yollar konularında reformlara gidilmesini sağlamıştır. Yapılandırmacılık bir öğrenme teorisidir ve bu teori çerçevesinde kullanılan yaklaşımlardan en belirginini de sorgulamaya dayalı öğrenmedir. Sorgulamaya dayalı öğretim; etkinleştirme yöntemlerini, farklı organize etme biçimlerini, problem çözme ve ortaya çıkan sorular çerçevesinde bilgiyi yaratma süreçlerini içerir (Serafina, Dostála ve Havelka, 2015). Sorgulamaya dayalı öğrenme akademik performansın, düşünme, problem çözme ve laboratuvar becerilerini geliştirmek için en etkili yöntemlerden biridir (Prince ve Felder, 2006) ve World Wide Web gibi eğitim teknolojilerinin hem sorgulamaya dayalı öğrenmeyi kolaylaştırmakta hem de fen öğrenimine pozitif etkileri olmaktadır (Pifarré ve Argelagós, 2008). Sorgulamaya dayalı bir fen öğretiminde, özellikle laboratuvar uygulamalarının ağırlıklı olarak kullanıldığı bir bilim dalında öğrencilerin ilişkili teorileri anlayabilmesi için uygun alt yapının ve yeterli zamanın sağlanması gereklidir. Araştırma ve sorgulama becerilerinin gelişmesi öğrencilerin deney geliştirmeleri için yeterli zamana sahip olmalarını, deneylerini rafine etmelerini, bu sayede verinin güvenilirliği ve teorilerin evrimi gibi konulara yönelik anlayış geliştirmelerini; bunların yanı sıra laboratuvar malzemelerini kullanmada ve şahit oldukları olguya yönelik yeterli gözlem yapmada ustalaşmaları gibi tekrarlayıcı bir süreç gerektirir (McFarlane ve Sakellariou, 2002). Öğrenmenin gerçekleşmesi ve bilginin yeni durumlara transfer edilebilmesi için öğrencilerin ilgili kavramsal çerçeve bağlamındaki olgu ve fikirleri anlayabilmesi şarttır (National Research Council, 2000). Mevcut durumda içeriğin yoğun olması bu tekrarlayıcı sürecin gerçekleşmesine ve dolayısıyla öğrenmeye engel olmakta, bu yüzden öğrenciler anlayamadıkları bir içeriği ezberleme yolunu tercih etmektedirler. Öğrenciler geleneksel laboratuvar derslerinde deneyleri dikkatli bir şekilde gerçekleştirebilir, belirlenen sonuçları elde edebilir, soruları cevaplayabilir ve laboratuvar raporlarını doldurabilir, ancak yine de öğrenmeleri gereken kavramları ya hiç anlayamaz ya da çok az anlayarak dersi tamamlarlar (Poole ve Kidder, 1996). Bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımı, yeni bir pedagojik paradigmanın kapılarını aralayarak; gerçekten öğrenci merkezli olan, iletişim ve öğrenme odaklı, alan uzmanlarıyla da iş birliği yapmayı sağlayan bir sistemin hayata geçirilmesini sağlar (National Research Council, 2002). Yapılandırmacı teoride öğretmen ve öğrenci rolleri de değişmiş, her öğrencinin farklı öğrenme yolları olduğu ve sadece kendilerine anlamlı gelen ve ilgi alanlarına hitap eden konuları öğrenmeye yatkın oldukları düşüncesi öğretim programlarına yansımıştır. Bu

durumda öğretmenlerin en önemli görevlerinden biri öğrencilerin farklı öğrenme yollarına yönelik anlamlı deneyimler sunmaktır. Bu yoğunluğu kısmen de olsa azaltabilecek en güçlü araçlardan biri teknolojinin etkin bir biçimde kullanımıdır. Felder (1996), fen, matematik, mühendislik ve teknoloji öğretmenlerinin; öğrencilerin öğrenme stratejilerindeki çeşitliği fark edip öğretimi buna yönelik değiştirdiklerinde çok sayıda öğrencinin bu karmaşık disiplinleri öğrenebildikleri ve uzmanlaşabildiklerini belirtmiştir. Öğretimi öğrencilerin öğrenme yollarına göre çeşitlendirmek için teknoloji nadiren kullanılmakta ve sınıf içine entegrasyonuna karşı hala bir direnç gösterilmektedir. Bunun en büyük sebeplerinden biri ‘dijital yerliler’, yani K-16 öğrencileri ve ‘dijital göçmenler’ yani öğretmenler arasındaki büyük uçurumdur (Schifter ve Stewart, 2010). Bir yandan öğretmenler üniversite ve önceki eğitim hayatlarındaki deneyimlerinin aynısını öğretmenlik mesleğine taşımakta, öğretmenlikte kurallara bağlı ve zayıf bir anlayış sergilemektedirler (Ball, 1990). Öğretmenlerin kendilerine nasıl bir öğretim uygulandıysa aynısını devam ettirme eğiliminde olmaları, eğitimdeki reformların hayata geçirilmesindeki engellerden biridir. Ancak öğretmenlere teknoloji de dahil olmak üzere yeni yöntemlerin kullanımıyla ilgili uzun süreli sınıf içi uygulama deneyimleri sunmanın, onların eğitime yönelik inançlarını önemli bir biçimde değiştirebildiğini göstermektedir (Levin ve Wadmany, 2006).

Dewey (1929), kişinin tecrübe ettiği her şeyin ‘deneyim’ olarak adlandırılmayacağını, ancak karşılıklı bir etkileşim olduğunda gerçek bir deneyimden söz edilebileceğini ifade eder. Tek taraflı ve pasif bir süreç, öğrencinin eğitsel bir deneyim yaşamasını sağlamaz. Fen öğretiminde uygulamalı etkinlikler yaptırmak gereklidir, ama adında ‘uygulama’ olması, bu tür deneyimlerin anlamlı olacağının garantisini veremez. Deneyimin anlamlı hale gelebilmesi için amaca yönelik planlama, yansıtıcı sorgulama ve dönüştürücü eylem aşamaları gereklidir (Dewey, 1929) ve bu süreç zaman alıcıdır. Uygulamalı etkinliklerin öğrenciye anlamlı gelmesi, içsel ve dışsal motivasyon araçlarının kullanılması, deneylerde yeterince deneme yaptırılması, her deneme sonrasında yansıtma yapılması ve yeni yollara başvurulması, ulaşılan sonuçların tartışılması, altta yatan teorinin uygulama ile ilişkilendirilmesi ve öğrenilenin başka durumlara transferinin sağlanması gibi anlamlı bir deneyim imkânı sunulmalıdır. Öğrenciler sebep-sonuç ilişkilerini anlayabildiklerinde tahmin yürütüp, hipotez oluşturup, bunları test etme sürecine girer ve anlamlı bir öğrenme için, bu basamaklara yeterli zaman ayrılmalıdır. Haftalık ders saatleri açısından fen derslerinin, özellikle zaman tanıma açısından bu imkanları sunamadığı açıktır. Deney sürecinin en önemli basamaklarından olan hipotez kurma, varsayımlarda ve tahminlerde

bulunma ve bunları test etme, nedensel akıl yürütmeyi gerektirir ve mikrodünyalar, sanal laboratuvarlar, sanal dünyalar, simülasyon ve oyunlar gibi çok sayıda teknoloji de bu düşünme becerilerinin gelişimine odaklanır (Howland, Jonassen ve Marra, 2014).

Öğrenme teorileri bağlamında ‘öğrenmenin’ nasıl gerçekleştiği davranışçılara, bilişselcilere ve yapılandırmacı teorilere göre farklılık göstermektedir. Davranışçılar, yeni deneyimlerin doğrudan bir sonucu olarak davranışlarda meydana gelen kalıcı değişikliği öğrenme olarak tanımlarken, bilişselciler öğrenmenin davranış değişikliğinden daha fazlasını içerdiğini, bilişsel süreçlerde kalıcı değişikliğin ve artan etkinlik olarak kendini gösterdiğini söyler (Rogers, 2002). Yapılandırmacı öğrenme teorisine göre kişinin mevcut bilişsel yapısıyla ilintili yeni bilgiyi inşa etmesi, öğrenme olarak tanımlanır (GSI Teaching and Resource Center, 2016). Hangi öğrenme teorisi benimsenirse benimsensin, öğrencinin yeni bilgiyi asimile etmesine yardımcı olan tüm araçlar değişimi, yani öğrenmenin gerçekleşebilmesini kolaylaştırır. Örneğin Rogers (2002), düşünme araçlarının, öğretim araçlarının ve öğrenme araçlarının birleşimi sayesinde bilişsel değişimin ve öğrenmenin gerçekleşebileceğini söyler. Öğrenme araçları; motivasyon, öz-yeterlilik ve ön bilgi gibi bireysel faktörler kadar, öğrenmeyi kolaylaştırıcı teknolojilere ulaşımı da içermektedir. Yapılandırmacı teoride kişinin yeni bilgiyi, mevcut entelektüel çerçevesine uygun hale getirmesine yardımcı olan her türlü yöntemin ve teknolojinin gerekliliği vurgulanır (GSI Teaching and Resource Center, 2016). Fen dersleri soyut bir yapıya sahip olmakla birlikte çok sayıda teorik kavram ve sembol içermektedir. Tüm bu kavramların anlamlı bir biçimde öğrenilmesinde teknolojinin kullanımı; veri görselleştirme, modelleme, sebep-sonuç ilişkilerini gösterme, deney ortamları hazırlama ve düşünsel aktivite için daha fazla zaman sağlama gibi özellikleri açısından büyük kolaylıklar sağlayabilir. Amerika Birleşik Devletleri’nin Detroit şehrinde ‘Technology as Tool’ adıyla başlatılan bir girişimde, teknoloji kullanımının sorgulama temelli öğrenme ve gerçek dünya problemlerine çözüm bulmaya etkisi araştırılmıştır. Bu projenin bir basamağında 7. sınıf öğrencileri kâğıt mendillerin dayanıklılığını değerlendiren bilim insanı rolüne bürünmüşlerdir. Ross (2020), öğrencilerin takım çalışması yaparak teknoloji desteği sayesinde en popüler markaları araştırdıklarını, farklı performans testlerinin sonuçlarına ulaşarak bunları analiz ettiklerini, tablo, grafik ve şekiller hazırladıklarını ve sunumlarını bu veriler ışığında hazırladıklarını ifade etmiştir. Ross, teknoloji sayesinde proje temelli öğrenmenin de niteliğinde ve kapsamında artış olduğu sonucuna ulaşmıştır. Araştırma-sorgulama, probleme dayalı öğrenme, proje temelli öğrenme, işbirlikçi öğrenme; fen öğreniminde temel alınan yaklaşımlardır. Öne çıkan bu

yöntemlere yönelik amaçlara ulaşabilmek için teknoloji desteğinden faydalanmak önemlidir. Çünkü teknoloji öğrencilerin dijital vatandaş, bilgiyi üreticisi, inovatif tasarımcı, hesaplamalı düşünür, yaratıcı iletişimci, global işbirlikçi olmalarına ve kendi öğrenmelerinin farkında olup sorumluluk almalarına yardımcı olur (International Society for Technology in Education, 2020).

Amerika Birleşik Devletlerindeki Ulusal Araştırma Konseyi (National Research Council, 2000), özellikle etkileşimli bilgisayar teknolojilerinin anlaşılması zor kavramları görselleştirmeye yardım ettiğini, öğrenme esnasında geri bildirim verdiğini ve öğrencilerin öğrenmek için ne tür yaklaşımlar kullandıklarını ortaya çıkararak, öğrenme fırsatlarını kişiselleştirmeyi sağladığını ifade etmektedir. Geri bildirim, etkileşimin ortaya çıktığına ve bu sayede Dewey'in deyiimiyle anlamlı ve eğitsel bir deneyimin gerçekleşebileceğine işaret eder. Dede (1998), teknolojinin uygun bir biçimde kullanımının; daha aktif ve kişiye uyarlanmış öğrenme sağladığını, çok çeşitli duysal ve kavramsal yöntemler sunduğunu, zihinsel yorgunluğun önüne geçtiğini ve soyut kavramların öğrenimine destek olduğunu belirtir. Hızlı ve yavaş öğrenenlerin bulunduğu kalabalık sınıflarda teknoloji destekli öğretim yapmak, öğrenimi bireyselleştirmeye ve öğrencilerin kendi hızlarına göre ilerlemesine yardımcı olur. Teknoloji, her alana nüfuz ettiği bir çağda salt bilgi transferinden daha fazlasını ifade etmektedir. Çünkü teknoloji kendisine atfedilen değerlerin ötesine geçmiş ve insanların yaşam biçimini yeniden üretmeye başlamıştır. Bu fırsatları değerlendirerek teknolojiyi doğru amaçlar için kullanmak, eğitim ortamlarının tasarımında da olumlu değişimler yaşanmasına sebep olacaktır.

Öğretimde teknolojinin kullanım şekilleri önem arz etmektedir. Teknolojinin etkisiz bir biçimde kullanımı öğrenmeye herhangi bir katkısı sağlamazken, eğitsel hedefler doğrultusunda kullanımının öğrenmeyi artırdığı ifade edilmektedir. Örneğin Darling-Hammond, Zielesinski ve Goldman'ın (2014) çalışmasında çok sayıda deneysel, yarı deneysel ve durum çalışmalarına ait bulgular incelenmiş; teknolojinin çalışma kitabı tarzı etkinlikler, çoktan seçmeli testlerle pratik yapma, tekrar ve alıştırma soruları biçimlerinde kullanımının öğrenme üzerinde olumlu bir etki bırakmadığı görülmüştür. Teknolojinin verilerle etkileşim, keşif, yaratma, fikirleri ifade etme, öğrenileni sunma, akranlarla tartışma gibi amaçlar için simülasyon, oyun, veri analizi ve yazma etkinliği gibi araçlarla kullanılması durumunda ise öğrenmeyi artırdığı sonuçlarına ulaşılmıştır. Bu durum teknolojinin bölüm sonu alıştırma yapma, soru çözme gibi amaçlar için kullanımının öğrenme üzerinde bir

etkisinin olmadığını göstermektedir. Çünkü öğrenciler teknolojiyi, sahip oldukları bilgiyi ifade etmelerini ve anlamlı yollarla organize etmelerini sağlayan zihin araçları olarak kullanabildiklerinde teknoloji temelli öğrenmeden bahsedilebilir (Jonassen, 1996).

Harper ve Milman (2016), birebir teknoloji kullanımının etkilerini incelemek için 2004 ve 2014 yılları arasında yapılan ampirik çalışmaları incelemişlerdir. Masaüstü bilgisayar, dizüstü bilgisayar ve tablet gibi birebir çalışma imkânı sunan teknolojilerin; başarıya, motivasyona, sınıf iklimine etkilerini ortaya çıkaran 46 çalışmaya ulaşmışlardır. Akademik başarı açısından incelenen çalışmalarda çelişkili sonuçların ortaya çıktığı görülmüştür. Çalışmaların bir kısmında hem standart sınavlarda hem de öğretim programı temelli sınavlarda akademik başarının arttığı sonucuna ulaşılırken, diğer kısmında istatistiksel olarak anlamlı bulgulara ulaşılammıştır. Ama tahmini etki yönünün pozitif olduğu da belirtilmiştir. Bu çalışmanın en önemli bulgularından birisi, fen derslerinde fiziksel objelerin dijital ortamda incelenme imkânının öğrencilere sunulmasıyla ilgili olan kısmıdır. Hem fiziksel objelerin hem de dijital incelemenin yapılması öğrencilerde bilişsel yükü artırmakta ve sıkılmalarına yol açmaktadır. Bu durum, teknolojiyle zenginleştirilecek derslerin iyi tasarlanması gerektiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Derslerin odak noktası, içerik ve hedeflerle teknolojinin doğru biçimde entegrasyonu olmalıdır. Teknolojinin etkili entegrasyonu, öğrencilerin bilgiyi zamanında elde etmelerine, bilgileri analiz edip sentezlemelerine ve profesyonelce sunmalarına yardımcı olacak teknoloji araçlarını seçebildiklerinde elde edilir (U.S. Department of Education, 2008). Bu sebeple teknoloji herkes için ulaşılabilir olmalıdır.

Teknoloji alanındaki gelişmeler, eğitim alanında teknoloji kullanımının çağa ayak uydurmasını zorunlu hale getirmiştir. Bunun nasıl gerçekleşeceği ve odağın nasıl olması gerektiği, öğretim teknolojileri alanının tartışmalı bir konusuydu. Clark (1985), öğrenmeyi sadece öğretim yöntemlerinin etkileyebileceğini, araç olarak kullanılan şeylerin öğrenme üzerinde pozitif hiçbir etkisinin olamayacağını söyler. Kozma (1994) ise Clark'ın bu iddiasına karşılık araç ve yöntem arasında gereksiz bir bölünme yaratıldığını; teknolojinin öğrenmede önemli bir rolü olduğunu ve öğrenmeyi gerçekten etkilediğini savunur. Eğitimde teknolojinin kullanımının temel hedefi dijital becerilerin geliştirilmesi, bilgisayarlara eşit erişim sağlanması ve üst düzey öğrenmenin teşvik edilmesidir (Ross, 2020). Teknoloji desteği; laboratuvar ekipmanlarını tanıma, deney organize etme, gözlem ve ölçüm yaparak sonuca ulaşma ve altta yatan teoriyi anlama gibi yoğun ve karmaşık süreçleri içeren

laboratuvar çalışmalarında bazı basamakları daha kısa sürede aşmaya yardımcı olabilir. Ancak teknoloji kullanımının temel amaçlarının gerçekten benimsenip benimsenmediği ve fen derslerinde teknoloji kullanımının öğrenme üzerinde etkisinin ne olduğu önemli bir tartışma konusudur. Fen gibi soyut kavramları, çok miktarda bilimsel bilgi türünü, birbirinden farklı bilim dallarını, bu bilim dallarına has yöntem bilgisini ve yine kendine has laboratuvar çalışmalarını içeren bir ders için, teknoloji kullanımının etkilerinin ne olduğunun ortaya çıkarılması gerekmektedir. Fen öğretiminde teknolojinin kullanımına yönelik küçük ölçekte çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Yapay zeka çağına adım attığımız bir dönemde; sanal, artırılmış ve karma gerçeklik türlerini bünyesinde barındıran ve son 10 yılda yazılım ve donanım açısından büyük gelişmeler gösteren genişletilmiş gerçeklik uygulamalarının fen eğitiminde kullanımına yönelik araştırmaların bir araya getirilmesi gerekmektedir.

Farklı bir gerçekliğe geçişi, gerçek dünya üzerine sanal bilginin aktarılmasını ve gerçek ve sanal dünyanın entegrasyonunu sağlayan genişletilmiş gerçeklik teknolojileri; uygulama, laboratuvar çalışmaları ve deneyim imkânı alanlarında problemlere sahip olan fen eğitiminde yeni kapılar açma potansiyeline sahiptir. Makro ve mikro dünyalara ilişkin görselleştirmeyi mümkün kılan, çevreleme (immersiveness) ve bulunuşluk hissiyle gerçek dünyadan ayırt edilemez ortamlar oluşturan, etkileşimi maksimum seviyeye çıkarabilen, değişkenleri manipüle etme olanağı sağlayan, sanal ve gerçek objelerle aynı anda etkileşime girilebilen sanal, artırılmış ve karma gerçeklik uygulamaları gibi eğitim teknolojilerinin soyut ve karmaşık yapısıyla anlaşılması zor olan fen bilimleri disiplinleri bağlamında pratikteki anlamlılığı ve işe yararlılığının ortaya çıkarılması önemlidir. Meta-analiz gibi aynı değişkenler üzerine yapılan ve çok sayıda bireysel çalışmayı bir araya getiren yöntemlerle, fen öğretiminde kullanılan eğitim teknolojilerinin başarı üzerindeki etkisi ortaya çıkarılabilir. Uygulamaya dönük ve laboratuvar ağırlıklı yapısıyla diğer bilimlerden ayrılan fen derslerinde sanal, artırılmış ve karma gerçeklik gibi teknoloji desteklerinin öğrenme üzerinde anlamlı bir etkisinin olup olmadığını ortaya çıkarmak; eğitimde yapılacak reformlara ve yatırımlara yol gösterici olacaktır.

1.2. Problem Cümlesi

Sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, karma gerçeklik ve bütüncül bir bakışla genişletilmiş gerçeklik uygulamaları, öğrencilerin fen başarısı üzerinde etkili midir?

Araştırma Soruları:

1. Sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, karma gerçeklik ve bir bütün olarak genişletilmiş gerçeklik uygulamaları fen başarısı üzerinde ne düzeyde bir etkiye sahiptir?
2. Sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik için meta-analize dahil edilen çalışmaların; a) yayın yılı, b) uygulandığı disiplin, c) okul düzeyi, d) kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç ve e) yayın türü bağlamlarında betimsel özellikleri nelerdir?
3. Sanal gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen çalışmaların; a) raporlaştırıldığı yayın türüne, b) deneysel desen türüne, c) okul düzeyine, d) ortaokul sınıf düzeyine, e) disiplin türüne, f) kullanılan sanal gerçekliğin türüne, g) kontrol grubuna uygulanan yöntem, h) veri toplama aracına, i) öğrencilere verilen görevin bireysel veya işbirlikli yürütülmesi durumuna, j) verilen görevin gerektirdiği bilgi türüne, k) geribildirim durumuna, l) öğrenci kontrolünün olması durumuna, m) öğretim moduna, n) çevreleme araçlarına ve o) çalışmaların uygulandığı öğrenme ortamına göre ortalama etki büyüklükleri nasıl değişmektedir?
4. Artırılmış gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen çalışmaların; a) raporlaştırıldığı yayın türüne, b) deneysel desen türüne, c) okul düzeyine, d) ortaokul sınıf düzeyine, e) disiplin türüne, f) kullanılan artırılmış gerçekliğin özelliğine, g) kontrol grubuna uygulanan yöntem, h) veri toplama aracına, i) öğrencilere verilen görevin bireysel veya işbirlikli yürütülmesi durumuna, j) verilen görevin gerektirdiği bilgi türüne, k) öğretim moduna, l) kullanılan görüntüleme aracı ve m) çalışmaların uygulandığı öğrenme ortamına göre ortaya çıkan etki büyüklükleri nasıl değişmektedir?
5. Karma gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen çalışmaların; a) okul düzeyine, b) disiplin türüne, c) oyunlaştırma unsurunun olması durumuna, d) hitap edilen duyulara, e) manipüle edilen objenin sanal veya gerçek olması durumuna, f) bedenleştirilmiş/somatlaştırılmış öğrenme için kullanılan öğelere, g) baskın olan genişletilmiş gerçeklik türüne, h) kontrol grubuna uygulanan yöntem, i) veri toplama aracına, j) öğrencilere verilen görevin bireysel veya işbirlikli yürütülmesi durumuna, k) verilen görevin gerektirdiği bilgi türüne, l) öğretim moduna ve m) çevreleme düzeyinin tamamen veya kısmen olması durumlarına göre ortaya çıkan ortalama etki büyüklükleri nasıl değişmektedir?

1.3. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, fen bilimlerine ait disiplinlerde uygulanan sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, karma gerçeklik ve bütüncül bir bakış açısıyla genişletilmiş gerçeklik uygulamalarını kullanmanın fen başarısına olan etkisini meta-analiz yöntemiyle incelemektir. Ayrıca çalışmaya dahil eden yayınların betimsel özellikleri yıl, disiplin, okul düzeyi, kontrol gruplarına uygulanan yöntem/araç ve yayın türü bağlamlarında sunmaktır. Bunlara ek olarak genel etki büyüklüğünde ortaya çıkabilecek olan heterojenliği açıklama ihtimali olan moderatörler incelemektir. Sanal gerçeklik kullanımının fen başarısı üzerindeki etkisi yayın türü, desen, okul düzeyi, ortaokul sınıf düzeyi, disiplin, kullanılan sanal gerçeklik aracının türü, kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç, veri toplama aracının durumu, öğrencilere verilen görevin bireysel çalışma veya işbirliği gerektirmesi, görevin gerektirdiği bilgi türü, geribildirim, öğrenci kontrolü, öğretimin modu, çevreleme hissi için kullanılan araç ve öğrenme ortamı; artırılmış gerçeklik kullanımının fen başarısı üzerindeki etkisi yayın türü, desen, okul düzeyi, ortaokul sınıf düzeyi, disiplin, kullanılan artırılmış gerçeklik aracının özelliği, kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç, veri toplama aracının durumu, öğrencilere verilen görevin bireysel çalışma veya işbirliği gerektirmesi, görevin gerektirdiği bilgi türü, öğretimin modu, kullanılan görüntüleme aracı ve öğrenme ortamı; karma gerçeklik kullanımının fen başarısı üzerindeki etkisi okul düzeyi, disiplin, oyunlaştırma unsuru, hitap edilen duyular, manipüle edilen obje, bedenleştirilmiş/somatlaştırılmış öğrenme için kullanılan öğeler, baskın olan genişletilmiş gerçeklik türü, kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç, veri toplama aracının durumu, öğrencilere verilen görevin bireysel çalışma veya işbirliği gerektirmesi, görevin gerektirdiği bilgi türü, öğretimin modu ve çevreleme durumu moderatörleri kapsamında analiz etmek ve bu değişkenlere göre bir farklılık olup olmadığını ortaya çıkarmak amaçlanmıştır.

1.4. Araştırmanın Önemi

Teknoloji; (1) eylemin, bilişin ve duyguların merkezindedir, (2) hem mikro hem makro düzeyde yaşama nüfuz etmiştir, etkilerini geri almak çok zordur, (3) değerleri, hakları, ayrıcalıkları ve seçimleri etkiler, (4) insanoğlunun varlığını devam ettirmesinde zorunlu bir bileşendir, (5) kültür, tarih, doğa ve toplumun ayrılmaz bir parçasıdır, (6) bireyler ve toplum için problematik ve paradoksaldir, (7) her yerde bulunması ve doğrudan etki etme gücü

sayesinde bireylerin hem kendilerine hem de dünyaya yönelik algılarını yeniden tanımlama rolüne sahiptir (Petrina, 2007). Toplumların yaşam biçimini değiştirme gücü olan teknoloji, eğitim alanının da önemli bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Kara tahtadan başlayarak radyo, televizyon, video, bilgisayar, internetle devam eden eğitimde teknoloji serüveni günümüzde üç boyutlu yazılımlar, sanal, artırılmış, karma gerçeklik uygulamalarıyla ve yapay zekayla devam etmektedir. Endüstri, askeriye, bilim alanlarında teknolojik gelişmeler hızla artmakta, her yeni teknolojinin kullanım alanı genişlemekte ve geniş çaplı yatırımlar yapılmaktadır. Ülkeler eğitim politikaları doğrultusunda teknolojinin entegrasyonu için de büyük bütçeler ayırmaktadır. Teknoloji sabit bir araç değildir, sürekli değişen ve gelişen bir yapıya sahiptir. Bu yüzden teknolojinin eğitimdeki yeriyle ilgili araştırmalar eskimeyecek, hatta katlanarak artacaktır. Son 20 yılda uzaktan ve çevrimiçi eğitime olan geçişle birlikte; teknolojinin gerekliliği, standartları ve daha etkin nasıl kullanılabileceği soruları gündem oluşturmıştır. Çünkü teknoloji bilişsel öğrenme stratejileri ve eleştirel düşünme becerilerini harekete geçirme, ayrıca etkili ve doğru biçimde kullanıldığında aktif, otantik ve işbirlikli öğrenmeyi teşvik etme, anlamlı öğrenmeyi sağlama gücüne sahip entelektüel araçları barındırmaktadır (Howland, Jonassen ve Marra, 2014). Bilgi ve iletişim teknolojileri, uygun pedagojik stratejilerle eşleştğinde öğrencileri üst düzey düşünmeye teşvik etmektedir (Lim, 2007). Teknoloji kullanımının bariz bir değişiklik yaratmadığını savunan görüşler de bulunmaktadır. Hattie (2009), bilgisayar destekli öğretimin öğrenme üzerine etkisini araştırdığı çalışmasında 800 civarında meta-analiz araştırmasını incelemiş ve etkinin ortalama bir değere sahip olduğunu, bunun da tipik iyi tasarlanmış öğretim etkinliklerinden pek de farklı olmadığını belirtmiştir (aktaran Carter, 2009). Biagi ve Loi (2012), 2009 PISA sonuçlarını bilgi ve iletişim teknolojilerinin başarıya olan etkisi bağlamında incelediklerinde, yeni teknolojileri kullanmakla öğrencilerin PISA'daki başarısı arasında bir ilişki bulamamış ancak bu sonucun çok dikkatli bir biçimde incelenmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Biagi ve Logi (2012), PISA'da geleneksel öğretim yöntemleriyle ilişkili becerilerin ölçüldüğüne, PISA veri setinde teknolojiden nasıl faydalandığına, teknolojinin öğretim programlarına sonradan mı eklendiği yoksa programı şekillendiren bir bileşen mi olduğuna ilişkin bilgilerin yer almadığına dikkat çekmiş ve daha detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu söylemişlerdir. 2011 TIMSS bulgularından hareketle sınıf içinde farklı amaçlarla bilgisayar kullanımının matematik ve fen başarısına olan etkisini inceleyen Falck, Mang ve Woessmann (2015), matematikten elde edilen sonuçların bilgisayar kullanımıyla ilişkili olmadığını, fikir ve bilgi arama amaçlarıyla kullanıldığında ise fen başarısıyla pozitif olarak ilişkili olduğunu bulmuştur. Fen gibi kendine has farklı bilim dallarının birleşimi olan

uygulamalı bir ders için bilgi ve iletişim teknolojilerinin entegrasyonu için uzun yıllardır çalışmalar yapılmaktadır. Sanal, artırılmış ve karma gerçeklik uygulamaları özellikle son 20 yılda büyük yatırımların yapılması ve askeriye, tıp, endüstri, eğlence ve oyun sektörlerinde kullanımının artmasıyla birlikte eğitim alanında da yer edinmeye başlamıştır. EDUCAUSE Horizon 2022 Raporunda öğrenme deneyimlerinin artırılması ve zenginleştirilmesi için eğitim kurumlarının yapay zekanın artırılmış gerçeklik teknolojilerine entegre etmelerini önermektedir. Düşünmek ve öğrenmek için programlanmış makinelerde insan zekasının simülasyonunun gerçekleştirilmeye çalışıldığı ve bu konuda büyük yol katedildiği yapay zekâ çağında yaklaşık 20 yıllık bir geçmişi bulunan genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin eğitim alanında da kullanımının artması gerekmektedir. Doğru bir biçimde kullanıldığında teknolojinin akademik başarıyı artırdığına yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Aloraini, 2012; Elian ve Hamaisi, 2018; Ibanez, Portillo, Cabada ve Barron, 2020; Jaiswal, 2020; Karadeniz Bayrak ve Bayram, 2018; Kazu ve Demirkol, 2014; Korucu ve Çakır, 2018; Lei ve Zhao, 2007; Middleton ve Murray, 1999; Pechenkina, Laurence, Oates, Eldridge ve Hunter, 2017; Suleman, Hussain, Naseer ud Din ve Shafique, 2017). Son yıllardaki popülerliğiyle gündemden düşmeyen sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik kullanımının da fen başarısına olan etkisinin ortaya çıkarılması ve genişletilmiş gerçeklik uygulamalarının nasıl uygulandığının incelenmesi önemlidir. Ayrıca bir meta-analiz araştırması olması, çok sayıda küçük örneklem üzerinde yapılan genişletilmiş gerçeklik çalışmasının etki büyüklükleri vasıtasıyla bir araya getirilmesini ve daha genel sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir. Böyle bir çalışmayla gelecekteki çalışmalar için de bir çerçeve çizileceği, bu alanda ne tür araştırmalara ihtiyaç duyulduğu ve gidişatın ne yönde olması gerektiğiyle ilgili zengin bilgi sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın fen eğitiminde kullanılan sanal, artırılmış ve karma gerçeklik trendlerini ortaya çıkarmaya ve gerçeklik türlerine has özelliklerin tespit edilip incelenmesine imkân tanıyacağı için hangi özelliklerin gerekli olduğu ve tasarımların nasıl yapılması gerektiğiyle ilgili de ihtiyaç duyulan bilgiyi ortaya çıkaracağı düşünülmektedir.

1.5. Araştırmanın Sınırlılıkları

1. Bu araştırma sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik uygulamalarının fen başarısı üzerine etkisini inceleyen ön test- son test kontrol gruplu gerçek ve yarı deneysel çalışmalarla sınırlıdır.

2. ISI Web of Knowledge, Scopus, ERIC, ScienceDirect, EBSCO, ProQuest Digital Dissertations, ULAKBİM, Ulusal Tez Merkezi gibi ulaşılabilen veri tabanları ile sınırlıdır.
3. Türkçe ve İngilizce dillerinde yayınlanan makale, yüksek lisans ve doktora tezleri ile sınırlıdır.
4. Mevcut çalışma 2000 ve 2021 (Haziran) yılları arasında yayımlanan ve tam metin olarak ulaşılabilen yayınlarla sınırlıdır.
5. Taramaların yayınların başlık, özet ve anahtar kelimeleri kapsamında yapılması mevcut araştırmanın bir sınırlılığıdır.
6. Mevcut moderatör analizlerinde kategorilerde bulunan çalışma sayılarının birbirlerinden oldukça farklı çıkması, istatistiksel güç anlamında bir sınırlılık oluşturmaktadır.

1.6. Araştırmanın Varsayımları

1. ISI Web of Knowledge, Scopus, ERIC, ScienceDirect, EBSCO, ProQuest Digital Dissertations, ULAKBİM, Ulusal Tez Merkezinden elde edilen çalışmaların genel etki büyüklüğünü hesaplamada ve moderatör analizi yapmada yeterli olduğu varsayılmıştır.
2. Tarama ve veri çekme aşamalarında hata olmadığı varsayılmıştır.
3. Meta-analize dahil edilen çalışmaların bulgularının objektif bir biçimde verildiği ve bilimsel yöntem kurallarına uygun bir biçimde elde edildiği varsayılmaktadır.

1.7. Tanımlar

Eğitim Teknolojisi: AECT'ye (Association for Educational Communications and Technology) göre eğitim teknolojisi, öğrenmenin kolaylaştırılması ve performansın artırılmasına yönelik uygun teknolojik süreç ve kaynakların yaratılması, kullanılması ve yönetilmesine yönelik etik uygulama ve çalışma alanıdır (Januszewski ve Molenda, 2008).

Başarı: Belirli kazanımların gerçekleştirilme düzeyinin başarı testleri veya benzer ölçme araçlarıyla ölçülmesi sonucu ortaya çıkan performans göstergesidir.

Teknoloji Destekli Öğretim: Bilgisayar ve diğer teknolojilerin öğretme ve öğrenmeyi destekleyen araçlar olarak kullanımını temel alan yöntemlerdir.

Sanal Gerçeklik: Bilgisayar tarafından oluşturulan, tamamen dijital öğelerden oluşan, gerçek dünyanın simüle edildiği ortamlardır.

Artırılmış Gerçeklik: Etkileşimli ve dijital öğelerin bazı araçlar vasıtasıyla gerçek dünya ortamına eklendiği gerçeklik türüdür.

Karma Gerçeklik: Gerçek ve sanal dünyanın harmanlandığı ortamlarda fiziksel ve dijital öğelerle eş zamanlı olarak etkileşime girilebilen gerçeklik türüdür.

Genişletilmiş Gerçeklik: Sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik gibi farklı gerçeklik türleri bünyesinde barındıran şemsiye bir kavramdır.

Meta-Analiz: Aynı araştırma sorusuna cevap arayan bireysel çalışmalardan elde edilen analizleri, sonuçları birleştirmek amacıyla bir araya getirmek ve istatistiksel analizini yapmaktır.

Etki Büyüklüğü: İki değişken arasındaki ilişkinin büyüklüğünü ifade eden, grup ortalamaları arasındaki farkın standart sapmaya bölünmesiyle elde edilen değer. Bu çalışmada hem dahil edilen çalışmalar için bireysel etki büyüklüğü değerleri hem de araştırmanın bağımlı değişkeni olan ve dahil edilen çalışmaların ortalama etki büyüklüğü değeri hesaplanacaktır.

2. KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

Bu bölümde fen eğitiminde genişletilmiş gerçeklik çalışmalarına dair kuramsal çerçeveye ve bu alanda yapılmış Türkiye ve dünyadan çalışmalara yer verilmiştir.

2.1. Kuramsal Çerçeve

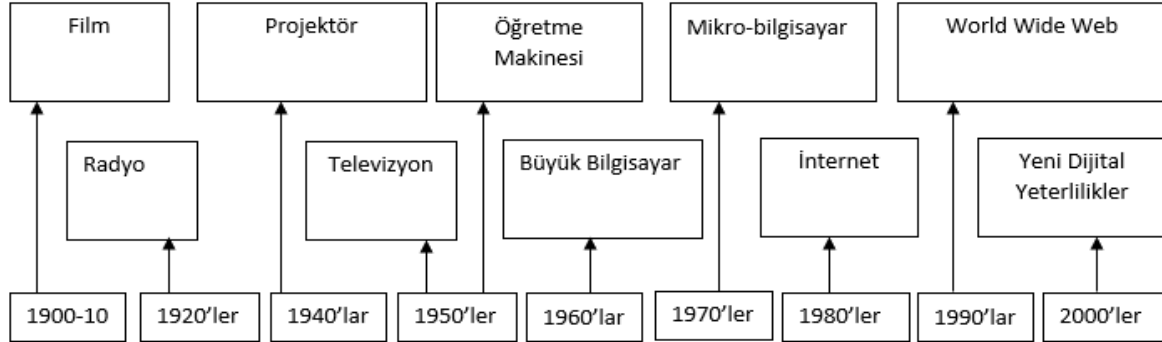
Bu bölümde eğitim teknolojisi ve tarihçesine kısa bir giriş yapılarak; genişletilmiş gerçeklik uygulamaları tanıtılmış ve fen eğitiminde teknoloji kullanımının önemi üzerinde durulmuştur.

2.1.1. Eğitim teknolojisi ve tarihçesi

Süreç olarak teknoloji; "entelektüel ve sosyal bağlamlarda pratik amaçlara ulaşmada başarılı olmak için materyal oluşturma ve bilginin organize edilmesi" anlamına gelirken, araç olarak "yapıların nasıl tasarlanacağına dair sistematik bilgiye dayalı fiziksel sistemlerin işletimi ve malzeme yapımı" olarak ifade edilmektedir (Luppigini, 2005). AECT'ye (Association for Educational Communications and Technology) göre eğitim teknolojisi, öğrenmenin kolaylaştırılması ve performansın artırılmasına yönelik uygun teknolojik süreç ve kaynakların yaratılması, kullanılması ve yönetilmesine yönelik etik uygulama ve çalışma alanıdır (Januszewski ve Molenda, 2008). Teknoloji, sosyal ve toplumsal değerlerden etkilenir. Eğitim teknolojisine yönelik dünya görüşü; eğitim, teknoloji ve toplum ilişkisinden beslenmelidir (Selwyn, 2010).

Eğitimde teknoloji kullanımının tarihi 1830 ile başlamaktadır. Mehlinger (1995), sınıf içinde kullanılan ilk teknolojinin 1830 yılında karatahta olduğunu söylemektedir. Teknoloji; ses, görüntü, ses ve görüntünün birlikte kullanımıyla devam eden bir evrim süreci geçirmeye başlamıştır. Okullarda teknoloji kullanımı 1920'lerde radyo, 1930'larda görüntülü teknolojilerden film, 1950'lerde televizyon, 1960'larda öğretim makineleri ile devam etmiştir (Mehlinger, 1995: 92). 1960'ların ortalarında ilk kez liselerde büyük bilgisayarların kullanılmaya başlanması büyük tartışmaları da beraberinde getirmiş, 1970'lerde mikro-bilgisayarların icat edilmesiyle bilgisayar teknolojisinin öğrenme sürecindeki etkisine yönelik görüşler de olumlu bir yöne evrilmiştir (Donaldson ve Knupfer, 2002). Bu süreç 1980'lerde internet, 1990'larda ise World Wide Web ile devam etmiştir. Şekil 2.1'de

1900'ün başından günümüze eğitimde teknoloji kullanımının evrimine ilişkin bir şema verilmiştir.



Şekil 2.1. Geçmişten günümüze eğitimde teknoloji (Donaldson ve Knupfer, 2002: 23'ten uyarlanmıştır)

Bilginin kaynaktan öğrenene aktarıldığı tek yönlü bir akış söz konusuysa teknoloji kullanımı; karatahtalar, ses ve görüntü teknolojileri ile sınırlıydı. Özellikle mikro-bilgisayarlar ile eğitimde teknoloji kullanımında köklü değişimler yaşanmıştır. 1983 yılında Birleşik Devletler'de yapılan ulusal bir anket çalışmasında mikro-bilgisayarların çoğunlukla alıştırma ve tekrar gibi amaçlarla kullanıldığı ortaya çıkmıştır (Becker, 1985). Ancak bilgisayar teknolojisinin daha üretken ve yaratıcı işlerde kullanılması ve anlamlı öğrenmeye yardımcı bir araç olarak kullanılması fikri ağır basmıştır. Yıllar içerisinde internet teknolojileri ile bilgiye erişebilirliğin artması ve Web 2.0 ile etkileşim imkânının sunulması sayesinde; teknolojinin eğitimde kullanılması oldukça elverişli hale gelmiş ve kullanım amaçlarında farklılaşmalar görülmüştür. İlk kez 2004 yılında kullanılmaya başlanan ve internetin ikinci jenerasyonu olarak tanımlanan Web 2.0; web tabanlı, işbirlikli, çevrimiçi, ücretsiz, açık kaynak, içerik paylaşımına sahip olmasıyla ve çoklu kullanıcıya hitap etmesiyle diğer teknolojilerden ayrılmaktadır (Schrum ve Levin, 2009). Genel olarak eğitimde kullanılan teknolojiler çoğaltılabilir olması, ekonomik kazanç sağlaması, birden fazla duyuya hitap etmesi, ortamdaki bağımsız olması, etkileşim imkânı tanınması gibi özellikleri sayesinde, eğitim sisteminin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bilgisayar, mobil telefon, internet gibi bilgi ve iletişim teknolojileri; nitelikli eğitime erişimi sağlayarak, eğitimci, öğrenci ve aile arasındaki iletişimi kolaylaştırarak, erken çocukluktan yetişkinliğe çok çeşitli eğitim bağlamlarında ortaya çıkabilecek problemleri azaltarak yeni kapıları aralama potansiyeline sahiptir (Escueta, Quan, Nickow ve Oreopoulos, 2017).

2.1.2. Teknoloji destekli öğretim

Teknoloji destekli öğretim geçmişten günümüze bilgisayar destekli öğretim, web tabanlı öğretim, dijital oyun tabanlı öğretim, mobil tabanlı öğretim, harmanlanmış öğretim, ters-yüz edilmiş öğretim ve genişletilmiş gerçeklik uygulamaları gibi formlarda karşımıza çıkmıştır. Bu çalışma kapsamında teknoloji destekli öğretimde sanal, artırılmış ve karma gerçeklik uygulamalarına yer verilmiştir.

Genişletilmiş gerçeklik

İlgili literatürde extended reality (XR) olarak ifade edilen genişletilmiş gerçeklik; günümüzde askeriye, sağlık, oyun, eğitim, öğretim ve tasarım görselleştirme dahil olmak üzere geniş bir uygulama yelpazesine sahip olan sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik gibi bilgisayar aracılığıyla oluşturulan, ya tamamen sanal ya da sanal ve gerçek dünyanın harmanlanmasıyla oluşan, çevreleme düzeyi yüksek ve bulunuşluk hissi veren, etkileşimli farklı gerçeklik türlerini bünyesinde barındıran şemsiye bir kavram olarak geçmektedir.

Genişletilmiş gerçeklik ortamları, İnsan-Bilgisayar Etkileşimi kavramına ait yerleşik düşüncelerde büyük değişikliklere yol açmıştır. 1946 yılında ilk elektronik bilgisayar olan ENIAC'ın (Electronic Numerical Integrator and Calculator) icat edilmesiyle ortaya çıkan insan bilgisayar etkileşimi araştırmaları, 1962'de Sutherland'in Sketchpad'i, 1963'de farenin (mouse) icat edilmesi, 1981'de Xerox Star iş istasyonu adı verilen ilk kişisel bilgisayarın ticari kullanıma sunulması, 1984'de Apple Macintosh kişisel bilgisayarın tanıtılması (MacKenzie, 2013) ve yıllar içinde grafik arayüzleri, internet, hiper-metin teknolojisi gibi devrimlerin hayata geçirilmesini sağlamıştır (Sinha, Shahi ve Shankar, 2010). İnsan-bilgisayar etkileşimi böylece insanların teknoloji ile etkileşime girme ve teknolojiyi kullanma yollarını anlamak ve geliştirmek için bilgisayar, psikoloji, sosyoloji, antropoloji, dil ve tasarım bilimlerini bir araya getiren disiplinler arası bir alan haline gelmiştir. İnsan-bilgisayar etkileşimi araştırmalarının amacı, teknolojiyi insanlar için daha kullanılabilir, verimli ve erişilebilir hale getirmek ve insanlar ile bilgisayarlar arasında daha etkili ve tatmin edici etkileşimler yaratmaktır. Tüm bu çabalar günümüzde genişletilmiş gerçeklik uygulamalarının gözde bir alan olmasını sağlamıştır. Genişletilmiş gerçeklik ile fiziki dünya ve sanal dünyalar arasında bir köprü kurulmuş ve yeni bir çağa adım atılmıştır.

Statistica'nın (2022) veri analizlerine göre sadece ABD'deki genişletilmiş gerçeklik tüketici pazarı 2022 yılında 7 milyar doların üzerindedir ve 2023 yılı için %21 oranında büyüme beklenmektedir. Küresel çapta ise genişletilmiş gerçeklik pazarının 2016'dan 2022'ye kadar büyüme oranı %72 olmuş ve 25 milyar doların üzerine çıkmıştır (Statistica, 2022). Bu büyümenin sebepleri; eğlence, oyun, eğitim ve sağlık alanlarında bu teknolojilerin benimsenmeye başlanması ve COVID-19 salgının getirdiği uzaktan çalışma ve uzaktan eğitim talepleri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu gidişat genişletilmiş gerçekliğe yapılan yatırımların yukarı yönlü bir trend içerisinde olduğunu ve önümüzdeki yıllarda da büyümenin hızla devam edeceğini göstermektedir. Ancak Perkins Coie'nin 2018 yılında yayımlanan raporuna göre maliyetlerin yüksek olması, performans problemleri ve teknik sınırlar bu teknolojilerin ana akım olmasına engel olmaktadır. Bu durum genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin özellikle eğitim alanına tam olarak nüfuz etmesini engellemektedir.

Genişletilmiş gerçeklik kapsamında sanal, artırılmış ve karma gerçeklik kavramlarını tanımlama girişimleri 1990'lı yıllarda başlamıştır. Milgram, Takemura, Utsumi ve Kishino'nun 1994 yılındaki yayınlarında sanallık ve gerçeklik arasındaki sürekli bir çizgi boyunca bu kavramları yerleştirerek ilk açıklama girişiminde bulunulmuştur (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Gerçeklik- sanallık süreklilik çizgisi (Milgram, Takemura, Utsumi ve Kishino, 1994)

Yukarıdaki şekilde çizginin en solunda fizik yasalarının geçerli olduğu ve içinde yaşadığımız gerçek dünya yer alırken, çizginin en sağında bilgisayar tarafından oluşturulmuş ve fizik yasalarının olmadığı sanal dünya yer almaktadır. Sanal gerçeklikle ifade edilen alan bu süreklilik çizgisinin en sağında kalan yerdir. Gerçek ortama dijital nesneler yüklenmesi ve gerçekliğin zenginleştirilmesiyle elde edilen gerçeklik türü artırılmış gerçeklik olarak ifade edilir. Milgram ve diğerlerinin bu tanımına göre sanal ve gerçek objelerin bir arada olduğu, artırılmış gerçeklik ve artırılmış sanallığı kapsayan bölgeye karma gerçeklik

denilmektedir. 1990'dan itibaren bu kategorileştirme girişimlerine pek çok yenisi eklenmiştir (bkz. Azuma, 1997; Evangelidis, Papadopoulos ve Sylaiou; 2021; Mackay, 1998; Mann, Furness, Yuan, Iorio ve Wang, 2018; Milgram ve Kishino, 1994; Rauschnabel, Felix ve Hinsch, 2019; Schnabel, 2009). Tamamen gerçeklik ve tamamen sanallık arasında kalan alanla ilgili karmaşa halen devam etmektedir. Literatürde genişletilmiş gerçeklikle ilgili yapılan çalışmaların büyük bir kısmında bu şemsiye kavram sadece VR/AR olarak ele alınmakta ve artırılmış gerçekliği karma gerçekliğin bir alt kümesi olarak görülmektedir. Ancak pek çok yeni gelişme ve yeni ürünlerin piyasaya sürülmesiyle karma gerçeklik, artırılmış gerçeklikten ayrı tutulmaya ve yeni bir tanım getirilmeye başlanmıştır.

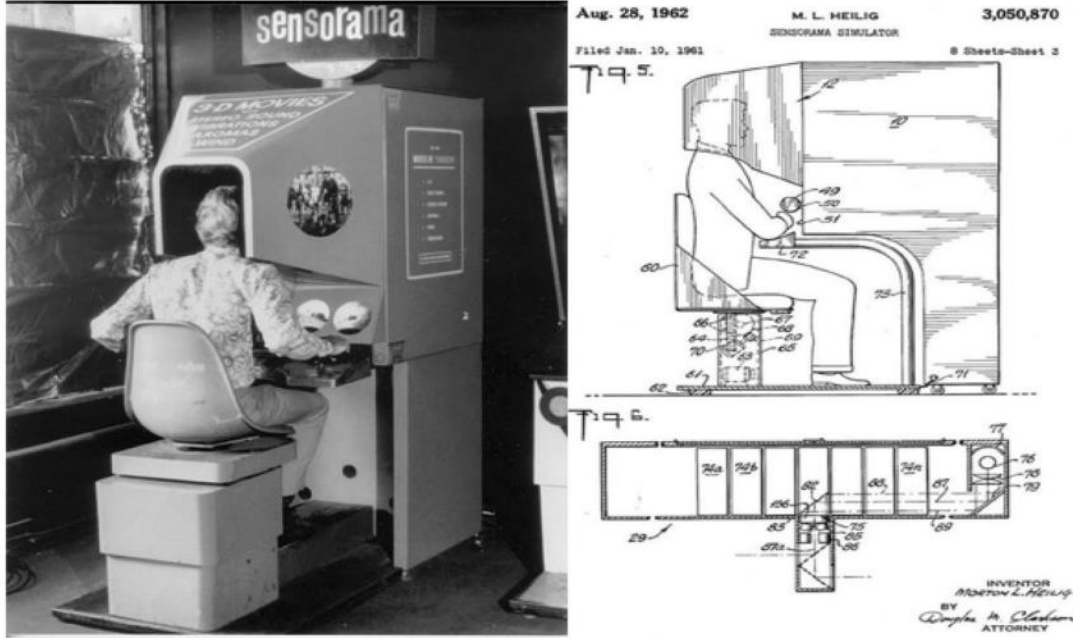
Bundan sonraki bölümlerde genişletilmiş gerçeklik bünyesinde yer alan ve bu tez çalışmasının kapsamındaki sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklikle ilgili bilgiye yer verilecektir.

Sanal gerçeklik

Sanal gerçeklik, yabancı literatürdeki adıyla virtual reality (VR), kullanıcıların daha az çevreleme gücüne sahip masaüstü bilgisayarlar aracılığıyla veya çevreleme gücü yüksek VR başlığı veya sensörlerle donatılmış eldivenler gibi özel ekipmanlar kullanarak etkileşime girebilecekleri simüle edilmiş, üç boyutlu ortamlar yaratan bir teknolojidir. Simüle edilen ortam gerçek dünyaya benzeyebilir veya tamamen hayali bir yer olabilir. Sanal gerçeklikte kullanıcılar dijital dünyanın çevreleme gücünü ve bulunuşluk hissini yaşar. Kullanılan aracın durumuna bağlı olarak bilgisayarın donanım parçalarıyla ya da vücut hareketlerini ve jestlerini kullanarak bu sanal ortamlarla etkileşime girerler. Sanal gerçeklik askeriye, sağlık, oyun, eğitim, öğretim, terapi ve turizm dahil olmak üzere geniş bir uygulama alanına sahiptir. Sanal gerçeklik teknolojisi, HMD (head-mounted display) adı verilen başlıkların ve bilgisayarlar, akıllı telefonlar ve oyun konsollarıyla kullanılabilen diğer cihazların geliştirilmesiyle daha gerçekçi ve erişilebilir hale gelmiştir.

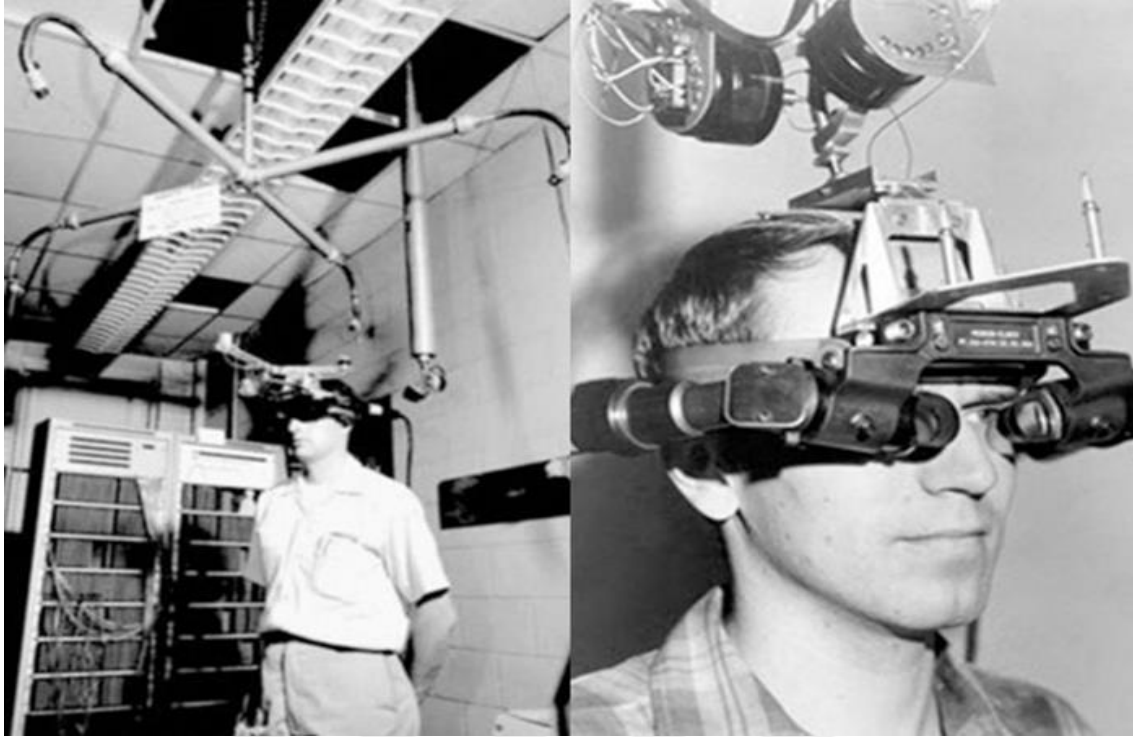
Sanal gerçeklik, akıllı telefonlar ve grafik işlem birimlerindeki devasa gelişimler sayesinde ve 2012 yılında ilk ticari sanal gerçeklik başlıklarının piyasaya girmesiyle birlikte son yıllarda toplumun radarına girse de geçmişi 1950'li yıllara dayanmaktadır. İnsan-bilgisayar etkileşimi araştırmaları sayesinde mühendisler ve bilim insanları gerçek dünya ortamlarını teknoloji aracılığıyla simüle etme yolları aramışlardır. Morton Heilig tarafından 1950'lerde

‘Sensorama’ adlı makinenin yaratılması, sanal gerçeklik için atılan ilk adımlardan biridir (Şekil 2.3). Sensorama’da kullanıcılara rüzgâr, titreşimler ve kokularla zenginleştirilmiş bir motosiklet simülasyonu deneyimi yaşatmak amaçlanmıştır.



Şekil 2.3. Sensorama (Sensorama simülâtörü, 1962)

Sanal gerçeklik teknolojisinin tarihindeki diğer bir önemli adım ise Ivan Sutherland tarafından geliştirilen ve ‘Damocles’in Kılıcı’ (Şekil 2.4) olarak adlandırılan ilk HMD’dir. Sanal gerçeklik kavramının yaygınlaştırılmasını sağlayan kişi ise Amerikalı bir bilgisayar bilimci olan Jaron Zepel Lanier’dir. Lanier ilk sanal gerçeklik gözlüğü ve eldiveni satan VPL Research şirketinin kurucusudur.



Şekil 2.4. Damocles'in kılıcı (Sutherland, 1968)

1980'ler ve 1990'lar boyunca sanal gerçeklik teknolojisi HMD'lerin ve 3 boyutlu grafiklerin geliştirilmesiyle ilerlemeye devam etmiştir. 2010'larda, akıllı telefonlar gibi daha güçlü ve uygun fiyatlı teknolojilerin ortaya çıkmasıyla birlikte sanal gerçeklik genel halk için daha erişilebilir hale gelmeye başlamıştır. Bu, Google Cardboard ve Samsung Gear VR gibi uygun fiyatlı VR başlıklarının yanı sıra 2012 yılında ilk ticari HMD olan Oculus Rift ve 2016 yılında HTC Vive adı verilen HMD'nin piyasaya sürülmesiyle daha gelişmiş sistemlerin yaratılmasına yol açmıştır (Şekil 2.5). Günümüzde sanal gerçeklik teknolojisi eğlence, oyun, eğitim, sağlık ve daha pek çok alanda beceri geliştirme, deneyim kazandırma ve öğretim amaçlarıyla kullanılmaktadır.

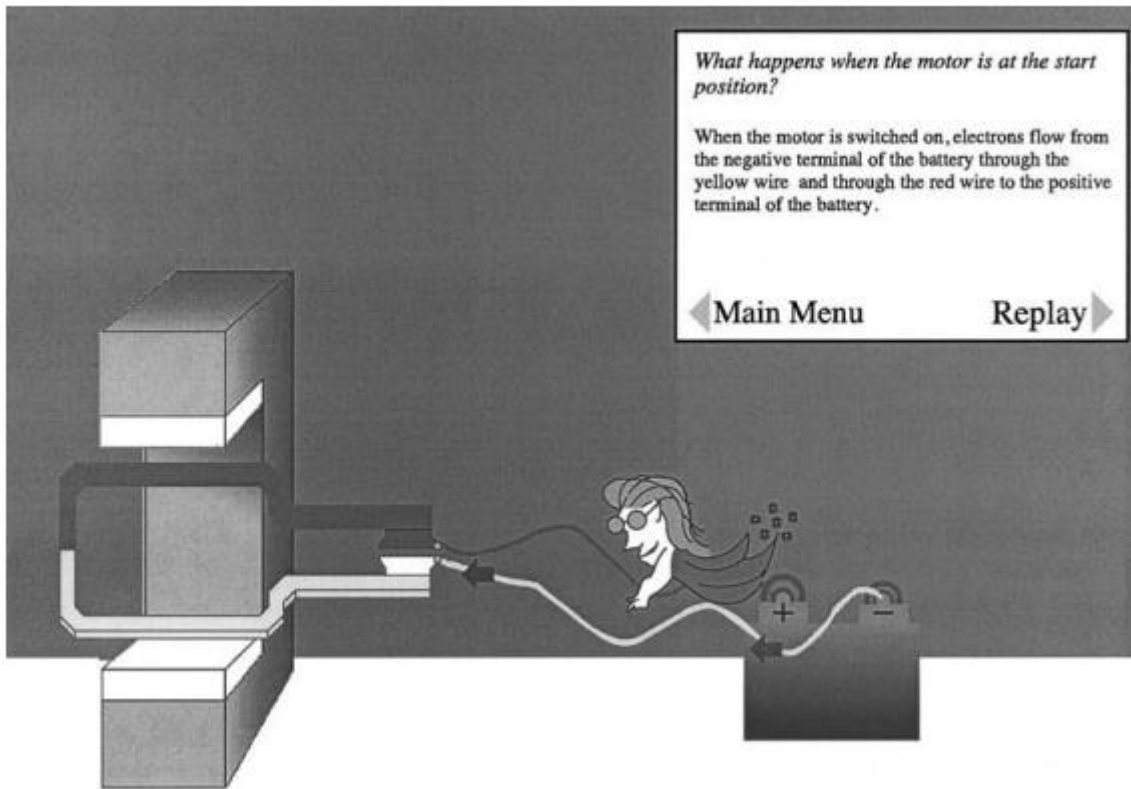


Şekil 2.5. Oculus Rift kullanımı (Bloomberg Finance LP, 2006'dan alınmıştır)

2022 yılında küresel çapta sanal gerçeklik teknolojisine yapılan 12 milyar dolarlık yatırımın 2025 yılında 22 milyar dolara ulaşacağı beklenmektedir (Statistica, 2022). Sanal gerçekliğe yapılan yatırımların artmasıyla birlikte maliyetlerin düşmesi, performans iyileştirmelerinin yapılması ve daha ulaşılabilir, küçük ve hafif cihazların geliştirilmesi beklenmektedir. Bu sayede şu an oyun ve eğlence sektörlerinde çok gözde olan sanal gerçeklik araçlarının eğitimde dahil olmak üzere pek çok alanda daha fazla tüketici tarafından benimsenmesi mümkün hale gelecektir. Bu durum özellikle eğitim alanında öğrencilere farklı, özgün ve zengin deneyimlerin sunulmasını sağlayacaktır.

Sanal gerçeklik geçmişten günümüze eğitim alanında da kendini mikro dünya, simülasyon, sanal dünya ve temsil gibi formlarla karşımıza çıkmıştır. Mikro dünyalar eğitimde ilk kez kullanılan sanal gerçeklik türüdür. Mikro dünyalar, yapılandırmacı ideolojinin bir parçası olarak belirli kavramların veya becerilerin test edilmesini sağlayan yapılandırılmış bir gerçeklik ortamıdır (Papert, 1980). Logo programlama dili ile oluşturulur, basitten karmaşığa doğru giden bir sistem içerisinde özellikle ortaokul öğrencilerinin fen, matematik ve dil konularında becerilerini geliştirmek için kullanılır. Mikro dünyada objeler manipüle edilebilir ve sebep sonuç ilişkileri gözlemlenebilir. Bu yüzden simülasyonların ilk hali olarak adlandırılabilir. Şekil 2.6'da Mayer, Dow ve Mayer (2003) tarafından geliştirilmiş ve öğrencilere elektrik motorlarını öğretmek için kullanılan 'Dr. Phyz' adlı mikro dünyaya ait bir ekran görüntüsü yer almaktadır. Bu mikro dünyada ekranda ilk olarak elektrik motoruna ait batarya, tel döngü, mıknatıs gibi parçaları gösteren bir grafik bulunur. Öğrenciler bu parçalardan herhangi birine tıkladığında yeni bir ekranda sorular çıkar, sorulardan birini seçtiğinde ise Dr. Phyz ortaya çıkarak sorunun cevabıyla ilgili açıklamalarda bulunur,

örnekler verir ve animasyonlar oynatır. Örneğin Şekil 2.6’da elektrik motoru açma pozisyonundayken neler olabileceğine ilişkin bir soru yer almaktadır. Dr. Phyz bu soruya motor çalıştırıldığında elektronların bataryanın eksi kutbundan sarı kablo aracılığıyla akmaya başladığını ve daha sonra kırmızı kablo aracılığıyla bataryanın pozitif kutbuna gittiğine yönelik açıklama yapmaktadır (resim siyah-beyaz olduğu için sarı kablo ile ifade edilen daha açık renkte olan kablodur).



Şekil 2.6. Dr. Phyz mikro dünyasına ait bir ekran görüntüsü (Mayer, Dow ve Mayer, 2003)

Simülasyonlar, gerçek dünyadaki bir sürecin veya sistemin zaman içerisindeki işleyişini taklit eden araçlardır. Planlama, araştırma, alıştırma yapma ve öğretim için kullanma, simülasyonların bilinen en yaygın kullanım amaçlarındandır ve bu sayede çok sayıda beceri ve uzmanlık kazandırılır (Butler, 1988). Simülasyonlar karmaşık sistemleri incelemeye, anlamaya, belirli koşullar altında gelecekteki davranışlarını tahmin etmeye yarar ve bu yüzden pek çok farklı alanda ve sektörde yaygın olarak kullanılır. Mühendislikte uçak ve otomobil gibi yeni ürün ve sistemleri tasarlamak ve test etmek için, sağlık alanında tıp uzmanlarını eğitmek ve yeni tedavileri test etmek için ve finans alanında, yatırım portföylerinin performansını değerlendirmek için sıklıkla kullanılmaktadır. Simülasyon her

seviyeden ve yaştan öğrenciye uygulanabilir olmasıyla, pahalı ekipmanlar ve tehlikeli deneyler yapmaya gerek kalmadan her yaştan ve seviyeden öğrencilerin karmaşık ilişkileri görmelerine yardımcı olmasıyla, matematik, fen ve teknik becerilerin bütünleştirilmiş bir biçimde uygulamalı olarak sunulmasına imkan tanınmasıyla, çok sayıda deneme yapma olanağının sunulmasıyla, gerçekçi deneyimler oluşturmasıyla ve uygun maliyetli olup insana yönelik riskleri azaltmasıyla eğitim alanında kendine önemli bir yer edinmiştir (Kincaid, Hamilton, Tarr ve Sangani, 2003). Şekil 2.7’de Riverdeep Interactive Learning şirketi tarafından geliştirilen ‘Virtual Laboratories Electricity’ adlı simülasyondan bir ekran görüntüsü bulunmaktadır (bkz. Zacharia, 2007). Öğrenciler bu simülasyonda ekrandaki butonlardan parça seçerek ve onları ekleyip çıkararak elektrik devresi oluşturmakta ve kendi tasarımlarını test etmektedirler.



Şekil 2.7. ‘Virtual Laboratories Electricity’ adlı simülasyondan ekran görüntüsü (Zacharia, 2007)

Sanal dünya, bilgisayar tarafından oluşturulmuş 3 boyutlu ortamlardır. Kullanıcılar kendilerinin dijital temsilleri olan avatarlar ile sanal dünyayla ve sanal dünyadaki diğer kullanıcılarla etkileşime girerler. Birden fazla kullanıcının bir arada olmasını sağlayan platformlardır. Sanal dünyaya bilgisayar, akıllı telefon veya HMD gibi araçlarla girilir. World of Warcraft, Second Life ve The Sims Online, oyun sektöründe en çok bilinen sanal dünyalardandır. Sanal toplantılar, uzaktan çalışma, sanal laboratuvarlar gibi çok sayıda

kullanım alanı olan bir araçtır. Sanal dünyalar eğitim alanında problem tabanlı öğrenme, araştırma-sorgulama temelli öğrenme, oyun-tabanlı öğrenme, rol oynama, işbirlikli simülasyonlar, tasarım dersleri, dil öğretimi ve öğrenimi, sanal laboratuvarlar ve uzaktan derslere katılma gibi çok sayıda eğitsel aktivite için kullanılır (Duncan, Miller ve Jiang, 2012). Eğitim alanında en popüler olan ve eğitsel değeri üzerinde araştırmalar yapılan sanal dünyalar River City ve Quest Atlantis'dir. Bu iki sanal dünya da çok kullanıcıli sanal ortam (MUVE) olarak adlandırılmaktadır. River City Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Bilim Vakfı (National Science Foundation) tarafından verilen bir hibe ile desteklenerek ülkedeki tüm okulların ücretsiz kullanımına sunulmuştur. River City 19. yüzyılda bulunan ve çok sayıda sağlık sorunu olan bir kasabadır. Öğrenciler 21. yüzyıl teknolojisiyle zamanda yolculuk yaparak kasabaya gider, hastalıkların nedenlerini araştırır, hipotezler kurar ve bunları test etmek için deneyler tasarlarlar (The River City Project, 2023). Şekil 2.8'de avatariyla River City'de bulunan bir kullanıcı veri toplama istasyonunda bulunmakta ve sunumeleri hakkında detaylı bilgi almaktadır. Quest Atlantis ise Indiana Üniversitesi tarafından 2000'li yıllarda 9-12 yaş arası çocukların kullanımı için tasarlanmış, ekolojik problemler üzerine odaklanmış, fen eğitiminde sıklıkla kullanılan oyunlaştırma temelli çok kullanıcıli sanal ortamdır.



Şekil 2.8. River City sanal dünyasından bir ekran görüntüsü (The River City Project, 2023)

Mevcut tez kapsamında sanal gerçeklik türlerinden biri olarak ele alınan temsil (representation) türü ise 360 derece/küresel videoları ve sanal alan gezilerini kapsamaktadır. 360 derece videolar; geleneksel ve düz bir videonun sınırlı görüş alanının aksine, bir bölgenin 360 derecelik tam görünümünü yakalar ve sunar. Kullanıcılara farklı yönlerle bakma ve oradaki doğru görüntüyü görme imkânı tanıyarak oldukça gerçekçi ve çevreleme gücü yüksek deneyimler sunar. Küresel videolar sayesinde öğrenciler, okyanusun derinlikleri, Ay’da yürümek, farklı kıtalardaki bitki örtülerini gözlemlemek gibi gerçek hayatta göremeyecekleri yerleri görebilir ve farklı deneyimler yaşayabilirler. Bu sanal ortam sayesinde farklı nedenlerle seyahat edemeyecek kullanıcılar için sanal alan gezileri yapılabilir, farklı coğrafi bölgeler incelenebilir ya da farklı bir ülkedeki bilim müzesi gezilebilir.

Artırılmış gerçeklik

Artırılmış gerçeklik çeşitli araçlar vasıtasıyla dijital objelerin gerçek dünya üzerine eklenmesiyle oluşan gerçeklik türüdür. Sanal gerçekliğin aksine artırılmış gerçeklikte gerçek dünyadan kopuş yoktur, dijital objeler ile gerçek dünyanın zenginleştirilmesi söz konusudur. Azuma (1997) artırılmış gerçekliğin 3 özelliği olduğundan bahseder; bunlar gerçekliği ve sanallığı birleştirme, artırılmış gerçeklikle eş zamanlı etkileşime girebilme ve üç boyutlu gösterim sağlamadır. Simülasyonlarda gerçeklik modellenerek yeni bir gerçeklik yaratılırken, artırılmış gerçeklikte mevcut gerçek sistemlere teknoloji vasıtasıyla yeni özellikler eklenir (Billinghurst, Clark ve Lee, 2005). Şekil 2.9’de sağlık alanında kullanılan bir artırılmış gerçeklik örneği bulunmaktadır. Gerçek dünyadaki bir bacak üzerine tutulan artırılmış gerçeklik aracı ile bacağın kemik ve kas yapısı modellenmiştir.



Şekil 2.9. Sağlık alanında artırılmış gerçeklik kullanımı (Kutter ve diğerleri., 2008)

Artırılmış gerçekliğin diğer gerçeklik türlerinden daha yaygın olmasının sebepleri, mobil araçlarla kullanım imkânının olması ve gerçeklikten tamamen ayırmadığı için baş dönmesi, baş ağrısı ve mide bulantısı gibi dengeyle ilişkili problemlere sebep olmamasıdır. Artırılmış gerçeklik bilginin 3 boyutlu ve etkileşimli görsellerini oluşturduğu için fen eğitiminde karmaşık bilimsel fenomenleri daha anlaşılır hale getirebilir. Dijital objelerle gerçek dünyadan kopmadan etkileşime girebilmek, öğrencilerin derse karşı motivasyonlarını ve ilgilerini artırma potansiyeline sahiptir. Artırılmış gerçeklik toplumun büyük bir kısmının sahip olduğu mobil cihazlarla kullanılabildiğinden, herkes için daha ulaşılabilir bir teknoloji haline gelmiştir.

Artırılmış gerçeklik uygulamalarının çalışma prensiplerinden biri izleme cihazları ile ilgilidir. Bu cihazların; işaretçi içeren veya içermeyen optik cihazlar, GPS, Wifi sensörleri, ivme ölçerler, manyetik cihazlar, ultrason cihazlar ve hibrid cihazlar gibi çok farklı çeşitleri bulunmaktadır (Carmigniani ve diğerleri, 2011). İşaretçi tabanlı optik izleme cihazlarında sıklıkla QR kodlar veya özel olarak oluşturulmuş etiketler kullanılır. Günümüzde en sık kullanılan izleme cihazları işaretçi içeren optik cihazlar ve GPS teknolojisini kullanan cihazlardır. Geliştirilen artırılmış gerçeklik sistemine göre seçilen izleme cihazları,

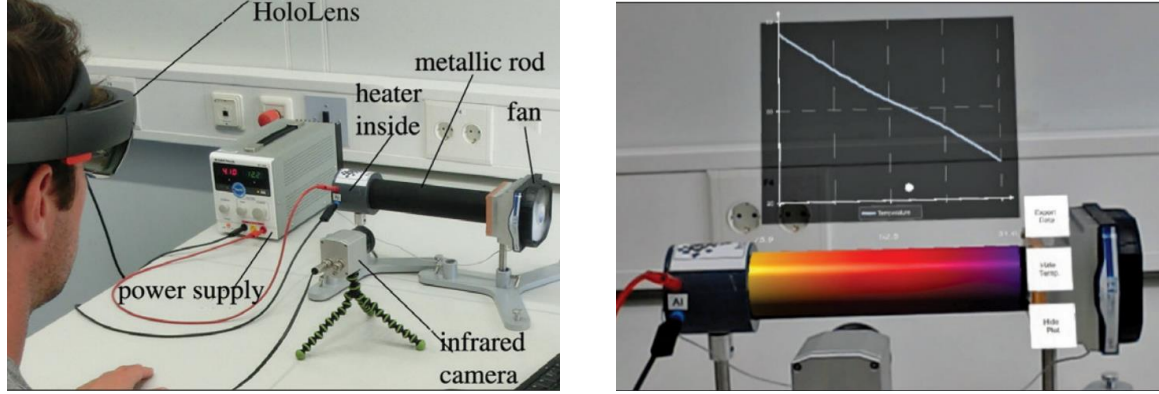
uygulamanın içeride veya dışarıda kullanılması, kullanım mesafesi, netlik derecesi ve kullanım süresi gibi değişkenleri beraberinde getirmektedir.

Karma gerçeklik

Karma gerçeklik, gerçek ve sanal dünyayı bir araya getiren ve böylece hem sanal gerçeklikten hem de artırılmış gerçeklikten faydalanan ortamları ifade etmektedir. Kullanıcılar gerçek dünyadan ayrılmaz ama bu ortamda hem sanal hem de gerçek objelerle eş zamanlı olarak etkileşime girer. Milgram ve diğerlerinin (1994) gerçeklik sanallık süreklilik çizgisinde karma gerçeklik hem artırılmış gerçekliği hem de artırılmış sanallığı kapsadığı için genellikle literatürde ayrı bir teknoloji olarak ele alınmadığı ve diğer gerçeklik türlerinden ayrı bir tanımının yapılmadığı görülmektedir. Karma gerçeklikteki objeler hibrit obje olarak adlandırılmaktadır. Bu objeler dijital özelliklerle eşleştirilmiş fiziksel özelliklere sahiptir ve kullanıcının konumu nerede olursa olsun uzayda tam olarak gözlemlenebilir durumdadır (Evangelidis, Papadopoulos ve Sylaiou, 2021). Kullanıcı ortamda hareket etse de objelerin konumu veya şekli değişmez. Gerçek dünyada gerçek objelerle girilebilen etkileşime yine gerçek dünyada sanal objelerle girilebilir. Kullanıcılar bu objelere dokunabilir ve onun üzerinde değişiklik yapabilir. Artırılmış gerçeklikten farklı olarak ek bir etkileşim katmanı vardır, sanki yerleşik nesnelermiş gibi etkileşime girilebilen holografik görseller yer alır (Moro ve diğerleri, 2020). Karma gerçeklikteki izleme sistemleri ortamı tanır, ortamın özelliklerini ve fiziksel ve gerçek sınırları algılama kapasitesine sahiptir. Sonuç olarak karma gerçeklikte sanal objelerin gerçek objelere bağlandığı bir durum söz konusudur, sanal ve gerçek unsurlar birbirleriyle etkileşime girerken kullanıcı da hem gerçek hem de sanal dünyalarla etkileşime girebilir (Bekele ve diğerleri, 2018). Karma gerçeklik henüz emekleme aşamasında olan yeni bir teknoloji olduğu için sanal ve artırılmış gerçeklik kadar yaygın ve bilinir değildir.

Karma gerçeklik ortamına giriş için buna özel olarak üretilmiş başlıklar, gözlükler ve el takip sistemleri kullanılır. Microsoft HoloLens ve Magic Leap One bunlar arasında en sık kullanılan ticari araçlardır. Şekil 2.10a ve Şekil 2.10b’de Strzys ve diğerlerinin (2017) ısı akısı ile ilgili karma gerçeklik kullandıkları bir deneye ait görseller bulunmaktadır. Kullanıcı Microsoft HoloLens kullanmaktadır ve deneydeki silindirik metal çubuk önünde kızılötesi bir kamera bulunmaktadır (Şekil 2.10a). Bu kamera ile elde edilen sıcaklık verileri

Şekil 2.13b'deki gibi bir hologram biçiminde kullanıcının önünde görselleştirilir. Sanal düğmeleri göz veya el hareketleriyle tetikleyen kullanıcı, bu hologramla etkileşime girebilir.



Şekil 2.10. (a) Kızıl ötesi kameranın önünde kurulan deney ekipmanları ve Microsoft HoloLens kullanan öğrenci. (b) Microsoft HoloLens'ten görülen hologram ve ısı verileri

Diğer gerçeklik türlerinde genellikle kullanıcı sadece zihinsel olarak ve ellerini kullanarak etkinliğe dahil olur ve yeni gerçeklikle etkileşime girer. Ancak karma gerçeklikte bu durum daha bütüncül bir yaklaşıma bürünür ve kullanıcının bedeninin büyük bir kısmını etkinliğe dahil eder. Bu durum karma gerçekliğin öğrenimde en dikkat çekici özelliklerinden birisidir. Bedenleşme ile Fransız fenomenolog Merleau-Ponty, zihin ve bedenin birliğini, algı veya deneyim yoluyla dünyayla olan ilişkisinden ayırmanın imkansızlığını kastetmektedir (Stolz, 2014). Bu durumda deneyim ve öğrenme konularında kişiye bütüncül bir şekilde yaklaşılması ve sadece bilişin değil vücudun da öğrenme deneyimlerinin içinde olması gerekmektedir. Geleneksel öğretimde sadece zihinsel süreçlere odaklanılırken, karma gerçeklikte öğrenciler sanal objeleri gerçek dünyadaki objelerle etkileşime benzer bir şekilde güvenli ve kontrollü bir ortamda keşfeder ve manipüle edebilir. Bu tür bir öğrenme, öğrencilere bilgiyle daha anlamlı bir şekilde ilişki kurmalarını sağlayan somut ve fiziksel bir deneyim sunarak kavramların anlaşılmasını geliştirebilir.

2.1.3. Fen eğitiminde teknoloji kullanımı

Psikoloji biliminin geldiği noktada artık bilgi transfer edilen bir veri olarak görülmekten çıkmış ve öğrenenin başrol olduğu ve bilgiyi inşa ettiği yeni bir çağın kapılarını açmıştır. Yapılandırmacı çerçeveden baktığımızda öğrenci için öğrenmek deneyimle, yansıtmayla ve başkalarıyla iletişim kurmakla gerçekleşmektedir ve konuyla ilgili sahip olduğu öncül kavramların bu süreçte önemi büyüktür. Çok sayıda teorik ve soyut konunun yer aldığı fen

bilimleri açısından baktığımızda, öğretmen tarafından gözle görülmeyen soyut yapıdaki yasaların, teorilerin ve fenomenlerin karatahta başında tek yönlü bir iletişim temelinde şekil, sembol, formüllerle sözel bir biçimde aktarılması artık miadını doldurmuş bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Öğretmenin bu yeni çağa ayak uydurması için öğrencilerin bilgiyi aktif olarak inşa ettikleri sürece en zengin deneyimleri sunması gerekmektedir. Süreci kolaylaştıracak ortamlar yaratmak öğretmenin birincil görevleri arasındadır. Öğrencilerin önceden sahip oldukları fikirlerin ortaya çıkarılması, bunların tartışılması ve yeni bilginin bu fikirler üzerine inşa edilmesini sağlayacak hale getirilmesi; ortak deneyimlerin tanımlanması ve yorumlanması gibi büyük etkinlikler öğretmenin rehberliğiyle ve müdahalesiyle gerçekleşebilir (Mercer, 1995). Bu etkinliklere özellikle fen eğitiminde çok büyük ihtiyaç vardır. Karmaşık yapıların ve soyut süreçlerin yer aldığı fen kavramlarının öğrenilmesi için ön bilgiyi ortaya çıkarma, tartışma, zengin deneyimler sunma ve deneyim imkânının sayısını artırma, yansıtma ve çıkarım yapma, tanımlama gibi öğretmenin sunacağı imkanlar gerekmektedir. Bahsi geçen çok sayıda aşamanın sürekliliğinin sağlanması ve hedefe ulaşmada pek çok açıdan tasarruf edilmesi düşünüldüğünde devreye teknoloji girmektedir.

Fen bilimlerinin temelindeki fenomenler sadece gözlemle anlaşılamaz. Bilim dünyası çok sayıda sembol ve soyut kavramlarla bu fenomenleri açıklama amacıyla hareket eder. Driver, Asoko, Leach, Scott ve Mortimer (1994) bilimin sembolik dünyasında atom, elektron, iyon, gen, kromozom gibi varlıklar olduğunu, bunların ölçüm ve deneyler yoluyla organize edildiğini; sonuç olarak bu ontolojik varlıkların, düzenleyici kavramların ve bunlarla ilişkili epistemoloji ve bilim pratiklerinin, bireylerin kendi doğal dünya gözlemleri yoluyla keşfedilmesinin pek olası olmadığını söyler. Bilimin konuşma diliyle açıklanan fenomenleri öğrencinin anlayabilmesi, mevcut şemalarının ortaya çıkarılarak onda değişiklik meydana gelmesi öğrenmeyi mümkün kılmaktadır. Burada yine öğretmene büyük bir görev düşmekte ve bilim dünyasıyla öğrencinin zihni arasında bir yol inşa etmesi gerekmektedir.

Bilimi öğretme ve öğrenmenin bu karmaşık yapısı, onu diğer alanlardan ayırmaktadır. Yukarıda bahsedilen çok sayıda etkinliğin gerçekleştirilmesi için özellikle fen eğitiminde teknolojinin sunduğu kolaylıklardan faydalanmak gerekir. Teknoloji etkileşim, bilgiye erişimde kolaylık, multi modal servisler, kişiye uygun öğrenme deneyimi, görsellik, iş birliği, iletişim, organizasyon, rehberlik, geri bildirim gibi çok sayıda imkân sunmaktadır. Osborne ve Hennessy'nin (2003) fen eğitiminde bilgi ve iletişim teknolojilerine yönelik bir

literatür derlemesi yapmışlardır. Bu araştırmanın sonuçlarına göre bilgi ve iletişim teknolojileri fen derslerinde ve bilimsel etkinlikler bağlamında; veri yakalama, işleme, yorumlama, verileri elektronik tablolar, grafikler ve modelleme gibi şekillerde kaydetme, veri tabanı oluşturma, sanal deneyler gerçekleştirme, yayıncılık ve sunum araçları, dijital kayıt ekipmanları, projeksiyon teknolojisi ve bilgisayar kontrollü mikroskop gibi imkanları sağlayarak fen öğretiminin teorik ve uygulamalı yönlerini zenginleştirir;

Osborne ve Hennessy'nin (2003) fen eğitimi bağlamında teknoloji kullanımının potansiyel katkılarını da şu şekilde ifade etmişlerdir;

- Öğrenme süreçlerindeki her türlü üretimi hızlandırmak ve geliştirmek, manuel süreçlerden kurtularak düşünme, tartışma ve yorumlama gibi fen öğretiminin temelinde olan etkinliklere daha fazla zaman ayırmak,
- Okuldaki fen derslerini çağdaş bilimle ilişkilendirerek ve başka türlü erişimi mümkün olmayan deneyimlere erişim sağlayarak ilgili fenomenin güncelliğini ve kapsamını artırmak,
- Anında görsel geri bildirim sağlayarak araştırma, keşif ve deneyi desteklemek,
- Dikkatin daha kapsayıcı ve önemli konulara odaklanmasını sağlamak ve fenomenlerin altında yatan soyut kavramların belirginliğini artırmak,
- Öz-düzenlemeli ve işbirlikli öğrenmeyi teşvik etmek,
- Motivasyonu ve derse ilgiyi artırmak.

Bu araştırmanın perspektifine göre sanal, artırılmış ve karma gerçeklik uygulamalarının doğru biçimde kullanıldığında fen eğitiminde sunabileceği zenginlikler üzerinde durmak gerekmektedir. Örneğin simülasyonlar laboratuvar çalışmaları açısından tehlikeli ve yüksek maliyetli olan, hatta yapması mümkün olmayan deneyleri idealize eder ve bu deneylere ait dinamik ve görsel temsiller sunar (Hennessy ve diğerleri, 2007). Simülasyonlar çok sayıda değişken barındıran fenomenleri, bu değişkenlerin birbirleriyle olan ilişkilerini görselleştirdiği için anlamaya yardımcı olmaktadır. Etkileşimli yapısı sayesinde gerçek deney ortamını sunar ve sebep sonuç ilişkilerini görmeyi sağlar, bilgisayar tarafından

oluşturulan bir ortam olduğu için öğrenciye çok sayıda deneme yapma şansı tanır. Geri bildirim gibi öğrenim sürecinin en önemli gereksinimlerinden biri gerçeklik uygulamaları tarafından otomatik olarak verilebilir. Sanal dünyalar işbirlikli öğrenme için zengin ortamların sunulmasını sağlar. Karma gerçekliğin çevreleme gücü fen öğretiminde öğrenme çıktılarının geliştirilmesini sağlamaktadır (Rutten, van Joolingen ve van der Veen, 2012). Sanal ve gerçek dünyayı bir araya getirmesiyle diğer gerçeklik türlerine kıyasla daha zengin ve gerçekçi deneyimler sunma gücüne sahiptir. Artırılmış gerçeklik fen öğreniminde önemli bir yere sahip olan kavramsal değişimi destekleme potansiyeline sahiptir (Shelton ve Stevens, 2007). Squire ve Klopfer'in (2007) çalışmalarında artırılmış gerçeklik kullanımının öğrencilerin ön bilgi ve inançlarının ortaya çıkarılmasını, bunlarla yüzleşmesini ve bilimsel bilgi ile gerçek dünya arasında ilişki kurulmasını sağladığı ifade edilmiştir. Fen öğrenimi bağlamında artırılmış gerçeklik teknolojisi öğrencilerin uygulamalı becerilerini laboratuvar deneyimlerine bağlı olarak zenginleştirmektedir (Andújar, Mejias ve Marquez, 2011).

Teknoloji her biçimiyle ve gerçeklik uygulamaları bağlamında, özellikle yapılandırmacı teori çerçevesinde fen öğretimi ve öğrenimini destekleme ve bu süreci zenginleştirme gücüne sahiptir. Zengin deneyimler sunma, araştırma-sorgulamaya imkân tanıma, ön bilgileri ortaya çıkarma, bilim dünyasıyla ilişki kurma, görselleştirme ve soyut kavramları somutlaştırma gibi özellikleriyle hem öğrencinin bilgiyi inşa etmesine hem de öğretmenin rehberlik ve müdahale görevlerine destek olmaktadır.

2.2. İlgili Araştırmalar

Bu bölümde sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklikle ilgili yurtiçinde ve yurtdışında yapılan meta-analiz çalışmalarına yer verilmiştir.

2.2.1. Yurt dışı araştırmaları

Sanal gerçeklik ile ilgili meta-analiz araştırmaları

Villena-Taranilla ve diğerlerinin 2022 yılında gerçekleştirdikleri meta-analiz çalışmasında sanal gerçekliğin K-6 düzeyinde öğrenme çıktılarına olan etkisi araştırılmıştır. 2010 ve 2020 yılında yapılan 21 yayına ulaşan yazarlar, genel etki büyüklüğünü orta düzeyde olacak şekilde 0,64 olarak bulmuştur. Çevreleme gücü moderatör olarak incelendiğinde anlamlı

olduğu, çevreleyici sanal gerçeklik uygulamaları için ortalama etki büyüklüğünün 0,11; yarı çevreleyici sanal gerçeklik uygulamaları için ortalama etki büyüklüğünün 0,19 ve çevreleyici olmayan sanal gerçeklik uygulamaları için ortalama etki büyüklüğünün ise 0,32 olduğu görülmüştür. Okul öncesi, 1-3 ve 4-6 olarak belirlenen sınıf düzeyinin anlamlı bir moderatör olmadığı bulunmuştur. Ayrıca 2 saatten daha az süren sanal gerçeklik uygulamalarının daha uzun sürelerle kıyasla anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Howard, Gutworth ve Jacobs'ın (2021) sanal gerçeklikle beceri geliştirme programlarına yönelik bir meta-analiz çalışması yürütmüşlerdir. Toplamda 184 yayına ulaşan yazarlar, genel etki büyüklüğünü 0,541 olarak bulmuşlardır. Yani beceri geliştirme programlarında sanal gerçeklik kullanımının daha faydalı olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Moderatör olarak ekran donanımı (bilgisayar monitörü-çevreleyici görüntüleme), giriş donanımı (temel-özelleştirilmiş), oyunlaştırma özelliği (var-yok), öğrenme çıktısının türü (zihinsel beceri-dekleratif bilgi-beceri), öğrenme çıktısının karmaşıklık durumu (temel-orta-karmaşık), görev-teknoloji uyumu (az-orta-yüksek), sonuç olarak neyin ölçüldüğü (tepki-öğrenme-davranış-çıktı), kontrol grubuna ne uygulandığı (uygulama yok-eşit olmayan uygulama-eşit uygulama), katılımcılar (çocuklar ve gençler-kolej öğrencileri-yetişkinler-özel popülasyon), yayım yılı, yayım türü (yayımlanmamış-tez-bildiri-makale) değişkenleri incelenmiştir. Ekran donanımı monitör veya çevreleyici bir görüntüleme sistemi olsun, anlamlı bir sonuç çıkmadığı görülmüştür. Giriş donanımı olarak klavye, mouse ya da joystick gibi temel donanım kullanılması veya hareket sensörleri veya özel giysiler gibi özelleştirilmiş donanım kullanılmasının etki büyüklüğündeki varyasyonu açıklayan bir moderatör olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Sanal gerçeklikte oyunlaştırmanın olması veya olmaması durumunun da anlamlı bir moderatör olmadığı görülmüştür. Çıktı olarak zihinsel becerinin, dekleratif (açıklayıcı) bilginin veya becerinin ölçülmüş olmasının da anlamlı bir moderatör olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Çıktının karmaşıklık durumu da anlamlı bir moderatör değildir. Görev-teknoloji uyumu ise anlamlı bir moderatör olarak bulunmuş, uyumun artması ile etki büyüklüğünün de arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Programın uygulanması sonucu neyin ölçüldüğü ise kısmen anlamlı çıkmış; sanal gerçekliğin davranış üzerinde büyük bir etkisinin olduğu, tepki, öğrenme ve çıktı üzerindeyse orta derecede bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Kontrol grubuna herhangi bir müdahalede bulunulmadıysa ya da sanal gerçeklikle eşit olmayan bir müdahalede bulunulduğunda, sanal gerçekliğin uygulamasının güçlü bir etki gösterdiği bulunmuştur. Katılımcı popülasyonunun da anlamlı bir moderatör olduğu, özel popülasyonlar, yetişkinler ve çocuk/gençler için orta derecede etkiye ve kolej

öğrencileri için de ortaya yakın küçük etkiye sahip olduğu bulunmuştur. Yayın yılının anlamlı olmadığı bulunmuştur. Yayın türünün ise yayımlanmamış raporlarda en düşük etki büyüklüğüne sahip olduğu, daha sonra sırasıyla tezlerde küçük etki büyüklüğünün, bildirilerde ve makalelerde orta etki büyüklüğünün çıktığı görülmüştür.

Wu, Yu ve Gu'nun (2020) HMD kullanılan sanal gerçeklik uygulamalarının öğrenme performansına olan etkisine yönelik gerçekleştirdikleri meta-analiz çalışmalarında 2013 ve 2019 yılları arasında yayımlanan 35 yayına ulaşılmıştır. Çevreleme gücü yüksek araçlar kullanmanın çevreleme gücü düşük olan sanal gerçeklik araçlarına ve diğer geleneksel yöntemlere kıyasla küçük etki büyüklüğüne sahip olduğu (0,24) sonucuna ulaşılmıştır. Bu araştırmada ayrıca okul düzeyi, öğrenme alanı, yayının yapıldı bölge, deneysel tasarım, uygulama türü, kullanılan HMD donanımı, kullanılan ölçme aracının formatı, kontrol grubuna uygulanan yöntem, süre, ölçme aracının ne zaman uygulandığı gibi değişkenlerle moderatör analizi yapılmıştır. Okul düzeyi anlamlı bir moderatör olarak bulunmuş ve en yüksek etki büyüklüğü K-12 düzeyi için elde edilmiştir. Öğrenme alanı anlamlı bir moderatör çıkmamış ancak en büyük etki büyüklüğü değeri 0,383 ile fen bilimleri alanında çıkmıştır. Uygulamanın yapıldığı bölge de anlamlı bir moderatör olarak bulunmamıştır. Deneysel tasarımın gerçek veya yarı deneysel olması da anlamlı bir moderatör olarak çıkmamıştır. Uygulama türü simülasyon, eğitsel oyun ve temsil olarak kategorileştirilmiş ve bu moderatörün anlamlı olduğu, en yüksek etki büyüklüğünün ise simülasyonda çıktığı görülmüştür. HMD donanımı Oculus Rift, HTC vive ve diğer olarak kodlanmış ancak anlamlı bir moderatör olmadığı bulunmuştur. Ölçme aracı formatı bilgi testi ve görev performansı olarak incelenmiş ve yine anlamlı bir moderatör olmadığı görülmüştür. Kontrol grubuna uygulanan yöntem moderatörü anlamlı çıkmış ve en yüksek etki büyüklüğünün, kontrol grubuna geleneksel, düz anlatım yapıldığında elde edildiği görülmüştür. Deneysel uygulama süresi 30 dakikadan az, 30 dk-1 saat ve 1 saatten fazla olarak kategorileştirilmiş ancak anlamlı bir moderatör olmadığı bulunmuştur. Son olarak ölçme aracının uygulanma zamanı uygulamadan hemen sonra ve geciktirilmiş yani kalıcılık testi olarak ölçülmesi bir moderatör olarak ele alınmış ancak bunun da anlamlı bir moderatör olmadığı görülmüştür.

Merchant ve diğerleri (2014) sanal gerçeklik tabanlı eğitimin K-12 ve yüksek-öğretimde öğrenci çıktılarına etkisini meta-analiz yöntemiyle incelemiştir. 2011 ve 2014 yılları arasında yapılan 67 çalışmayı meta-analize dahil etmişlerdir. Ancak bu çalışmaları eğitici oyun, simülasyon ve sanal dünya olmak üzere 3 kategoride incelemişler ve 3 ayrı meta-

analiz yapmışlardır. Eğitici oyunlar için genel etki büyüklüğünü 0,51 yani orta düzey; simülasyon için etki büyüklüğünü ortaya yakın küçük olacak şekilde 0,41 ve sanal dünyalar için ise etki büyüklüğünü 0,36 bulmuşlardır. Simülasyonların bir kavramın uygulamasını yapmak için kullanıldığında, tek başına kullanıma kıyasla anlamlı sonuç verdiği bulunmuştur. Sanal gerçeklik uygulaması esnasında öğretmenin bulunup bulunmaması durumu incelendiğinde anlamlı bir moderatör olmadığı görülmüştür. İşbirliği veya bireysel çalışma durumu da incelenmiş, sadece eğitici oyunlarda anlamlı bir moderatör olduğu ve bireysel olarak çalışma sonucu etki büyüklüğünün daha yüksek çıktığı görülmüştür. Simülasyon ve sanal dünya için ise bireysel veya işbirlikli çalışma anlamlı bir moderatör çıkmamıştır. Yenilik etkisi için kaç kez uygulama yapıldığı ve uygulamaların süresi değişkenleri incelenmiş, eğitici oyun kategorisinde bu durumun anlamlı olduğu, uygulama seans sayısı ile öğrenme çıktısı kazanımları arasında ters bir ilişki olduğu bulunmuştur. Simülasyon için da benzer bir sonuç elde edilmiş ancak ilişkinin çok zayıf olduğu, sanal dünyalar için ise anlamlı bir ilişki bulunamadığı belirtilmiştir. Ölçme aracının araştırmacı tarafından geliştirilmesi veya standart test kullanılması moderatör olarak incelenmiş, sadece simülasyonlarda anlamlı bir moderatör olduğu ve araştırmacı tarafından geliştirilen testleri kullanmanın daha büyük etki büyüklüğüne sebep olduğu bulunmuştur.

Vogel ve diğerleri (2006) eğitici oyun ve etkileşimli simülasyonların öğrenme üzerindeki etkisine yönelik bir meta-analiz çalışması gerçekleştirmişlerdir. Genel etki büyüklüğünü 0,13 bulmuşlar ve geleneksel yöntemlere kıyasla oyun ve simülasyon kullanımının başarı açısından daha çok kazanım sağladığı belirtmişlerdir. Cinsiyet açısından da çalışmaları incelemişler ve kadınların sanal gerçeklik kullanımının daha iyi sonuçlar elde etmeye yardımcı olduğunu bulmuşlardır. Erkek öğrenciler için ise yeterli çalışma sayısına ulaşamadıkları için bir bulgu elde edememişler, ancak kadın ve erkek açısından karşılaştırma yaptıklarında anlamlı bir farklılık olmadığını rapor etmişlerdir. Öğrenci kontrolünün olup olmasını incelediklerinde ise otomatik kontrol olduğunda sanal gerçekliğin geleneksel yöntemlere kıyasla daha az etkili olduğunu ancak çalışma sayısı az olduğu için bu sonucun güvenilir olmadığını ifade etmişlerdir. Yaş açısından incelediklerinde ise okul öncesi, ilköğretim, ortaokul ve lise düzeyindeki öğrencileri bir kategoride birleştirmişler ve onlar için oyun ve simülasyon kullanmasıyla daha iyi sonuçlara götürdüğü sonucuna ulaşmışlardır. Son olarak bireysel ve grupta çalışan tüm yayınlardan elde edilen etki büyüklüğünün, geleneksel yöntemle kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğu bulunmuştur.

Artırılmış gerçeklik ile ilgili meta-analiz araştırmaları

Chang ve diğerleri (2022) 10 yıllık bir süreçte eğitim alanında artırılmış gerçeklik kullanılarak yürütülen gerçek ve yarı deneysel çalışmalar üzerinden bir meta-analiz çalışması yürütmüşlerdir. 2012 ve 2021 yılları arasında yayımlanan 134 çalışmaya ulaşmışlardır. Farklı öğrenme çıktıları bağımlı değişken olduğundan, hepsi için ayrı etki büyüklüğü değerleri verilmiştir. Tepki çıktısı için $g=0,49$; bilgi ve beceri için $g=0,65$ ve performans için $g=0,74$ genel etki büyüklüğü değerlerine ulaşılmıştır. Artırılmış gerçeklik kullanılmayan bir öğretime kıyasla artırılmış gerçeklik kullanımının tepki, bilgi-beceri ve performansı artırdığı sonucuna ulaşmışlardır. Meta regresyon sonuçlarına göre müdahale süresi ve konu alanının anlamlı değişkenler olduğu belirtilmiştir. Diğer değişkenler kontrol edildiğinde daha uzun müdahale süresinin daha büyük etki büyüklüğü ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Artırılmış gerçekliğin dil ve sosyal bilimlerde kullanımının etki büyüklüğü değeri ile ilişkili olduğu, artırılmış gerçekliğin dil alanında kullanımı sonucu beklenen etki büyüklüğü değerinin, fen alanında kullanımı sonucu elde edilebilecek etki büyüklüğü değerinden 0,56 puan daha yüksek olacağı rapor edilmiştir. Yani fen yerine dil alanında kullanılması daha etkili olacaktır. Aynı şekilde sosyal bilimlerde kullanılması sonucu elde edilecek etki büyüklüğü değeri yine fen alanında kullanılınca elde edilecek değerden 0,46 puan daha yüksek olacağı bulunmuştur. Sonuç olarak artırılmış gerçeklik müdahalelerinin daha uzun olmasının motivasyon, tutum ve başarıyı artıracığı; artırılmış gerçekliğin dil ve sosyal bilimlerde kullanılması fen alanında kullanılmasıyla kıyasla daha pozitif sonuçlar vereceği, her okul düzeyi için artırılmış gerçekliğin pozitif sonuçlara götüreceği; artırılmış gerçeklikte 3 boyutlu görseller kullanmanın 2 boyutlu görse ve imaj kullanmaya kıyasla daha küçük etki büyüklüğü oluşturduğu ve bu sebeple 3 boyutlu görsel kullanımıyla ilgili daha titiz ve detaylı çalışmalara ihtiyaç olduğu belirtilmiştir.

Zhang ve diğerleri (2022), 2000 ve 2020 yılları arasında artırılmış gerçeklikle K-12 düzeyinde yapılan yayınlara yönelik sistematik derleme ve meta-analiz çalışması yürütmüşlerdir. Yayınların 2006 yılında az da olsa başladığı, 2014 yılında ve sonrasında artışın hızlandığı bulunmuştur. Okul düzeyi olarak en çok çalışmanın ilköğretimde yapıldığı, disiplin olarak ise temel fen derslerinin tercih edildiği görülmüştür. Toplamda 28 yayın üzerinden gerçekleştirdikleri meta-analiz sonucunda genel etki büyüklüğü değerini $g=0,919$ olarak bulmuşlardır. Lokasyon tabanlı, dokunsal, fare ve klavye, hareket, tarayıcı ve diğer

olarak ele alınan giriş araçları moderatörü; monitör tabanlı, video görüntü sistemli ve optik görüntü sistemli olarak incelenen çıktı araçları moderatörü, artırılmış gerçeklikle birlikte kullanılan pedagoji (araştırma-sorgulama, oyun tabanlı, işbirlikli, geleneksel vb.) moderatörü, artırılmış gerçekliğin hangi eğitsel amaçla (dikkat çekme, içerik sunma, uygulama, derse angaje olma, ölçme vb.) kullanıldığı moderatörü, istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır. Öğretmen veya bilgisayar desteğinin bulunması veya desteğin bulunmaması durumu moderatör olarak incelendiğinde ise, desteğin olmadığı durumlarda etki büyüklüğünün anlamlı olarak daha yüksek çıktığı bulunmuştur.

Xu ve diğerleri (2022), fene ilişkin alanlarda artırılmış gerçeklik kullanımının akademik başarı üzerindeki etkisini inceleyen bir meta-analiz çalışması yürütmüşlerdir. Toplamda 35 yayına ve 39 etki büyüklüğüne ulaşmışlar ve genel etki büyüklüğünü $g=0,737$ olarak bulmuşlardır. Disiplini moderatör olarak incelemişler ve fizik, biyoloji, yer bilimleri, matematik ve ilişkili fen temaları olmak üzere 5 kategori için anlamlılığı ve ortalama etki büyüklüklerini rapor etmişlerdir. Disiplinin anlamlı bir moderatör olduğu ve en yüksek etki büyüklüğünün yer bilimleri disiplinin de olduğu belirtilmiştir. Okul düzeyi okul öncesi ve ilköğretim, ortaokul, lise ve kolej/üniversite olarak incelenmiş ve anlamlı bir moderatör olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Kullanılan artırılmış gerçeklik türü işaretçi tabanlı, işaretçi olmayan ve lokasyon tabanlı olmak üzere 3 kategoride incelenmiş, anlamlı bir moderatör olduğu ve en yüksek etki büyüklüğü değerinin işaretçi tabanlı olanlardan elde edildiği raporlanmıştır. Artırılmış gerçeklik için kullanılan araç kameraya sahip olan bilgisayar, mobil araç, tablet, başlık ve karma (tablet+mobil) olmak üzere 5 kategoride incelenmiş ancak anlamlı bir moderatör olmadığı bulunmuştur. Deneysel müdahalenin süresi 24 haftadan az, 1 haftadan fazla ve 4 haftadan az, 1 aydan fazla ve 4 aydan az ve bahsedilmemiş olarak kategorileştirilmiş ancak bunun da anlamlı bir moderatör olmadığı görülmüştür. Artırılmış gerçeklik uygulamasının bireysel, 2-4 kişilik grup, 4'ten fazla kişilik gruplara uygulanması moderatörünün de anlamlı olmadığı bulunmuştur. Son olarak artırılmış gerçekliğin hangi stratejilerle kullanıldığı öz-yönelimli öğrenme, oyun tabanlı öğrenme, geleneksel yöntem, problem-tabanlı öğrenme, proje tabanlı öğrenme olarak kategorileştirilmiş ancak bunun da anlamlı bir moderatör olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Zhao ve diğerleri (2022), yıl aralığı olarak 2010 ve 2020 arasını seçtikleri ve meta-analizlerine dahil edebilecekleri 37 yayına ulaştıkları çalışmalarında, genel etki büyüklüğünü 0,997 olarak bulmuşlardır. Bu meta-analizde genel bir tabir olarak akademik

performans bağımlı değişken olarak ele alınmış ve daha sonra 21. yüzyıl becerileri bağlamında bir kategorileştirmeye gidilmiştir. Temel konular ve 21. yüzyıl temaları, bilgi, medya ve teknolojik beceriler, öğrenme ve inovasyon becerileri olarak incelendiğinde, her üç tür için de artırılmış gerçekliğin pozitif etkisi olduğu ve en yüksek etki büyüklüğü değerinin öğrenme ve inovasyon becerileri bağlamında elde edildiği rapor edilmiştir. Yaşam ve kariyer becerileri bağlamında pozitif sonuç elde edilse de diğerlerine göre daha küçük bir etki büyüklüğü ortaya çıkmıştır. Okul düzeyi ilkokul, ortaokul ve kolej olmak üzere 3 kategoride incelenmiş, üçünde de pozitif ve yüksek etki büyüklüğü elde edilse de bunun anlamlı bir moderatör olmadığı bulunmuştur. Uygulama alanı edebiyat/tarih, dil, bilimsel uygulama, matematik ve fen olarak ele alındığında; anlamlı bir moderatör olmadığı görülmüştür.

Kalemkuş ve Kalemkuş (2022), fen eğitiminde artırılmış gerçeklik kullanımının akademik başarıya etkisine yönelik bir meta-analiz çalışması yürütmüşlerdir. 2015 ve 2020 yılları arasında yayınlanan 16 yayına ulaşmışlardır. Genel etki büyüklüğünü 0,643 olarak bulmuşlardır. Yazarlar herhangi bir moderatör analizi yapmamışlardır.

Li ve diğerleri (2021) K-12 eğitiminde artırılmış gerçekliğin başarı üzerindeki etkisine yönelik bir meta-analiz çalışması gerçekleştirmişlerdir. Analize dahil edebilecekleri 2006 ve 2020 yılları arasında yayımlanmış 35 makaleye bu makalelerden de 40 ayrı veri setine ulaşmışlardır. Genel etki büyüklüğünü $g=0,437$ olarak bulmuşlardır. Okul düzeyi, konu alanı, uygulama süresi ve örnekleme yöntemleri moderatör olarak incelenmiştir. Konu alanının anlamlı bir moderatör olduğu ve en yüksek etki büyüklüğünün yer ve uzay bilimleri alanlarında yapılan çalışmalardan, en düşük etki büyüklüğünün ise biyoloji disiplininde elde edildiği bulunmuştur. Uygulama süresinin de anlamlı bir moderatör olduğu ve 12 haftadan fazla süreyle artırılmış gerçeklik kullanımının en yüksek etki büyüklüğü sonucunu verdiği bulunmuştur. Okul düzeyinin (ilkokul, ortaokul, lise) ve örnekleme yönteminin (uygun örnekleme, rastgele örnekleme) moderatör olarak anlamlı olmadığı rapor edilmiştir.

Garzón ve diğerleri, 2020 yılında pedagojik yaklaşımların eğitimde artırılmış gerçeklik kullanımını nasıl etkilediğine yönelik bir meta-analiz çalışması gerçekleştirmişlerdir. 2010-2019 yılları arasında gerçekleştirilen 46 yayına ulaşmışlardır. Artırılmış gerçekliğin öğrenci kazanımları üzerindeki genel etki büyüklüğünü 0,72 olarak bulmuşlardır. Artırılmış gerçekliğin hangi yöntemler eşliğinde kullanıldığı da incelenmiş ve en yüksek etki

büyükülüğü değerinin 0,85 ile işbirlikli öğrenmede elde edildiğı, en düşük olanın ise 0,59 ile durumsal öğrenmede elde edildiğı rapor edilmiştir. Artırılmış gerçekliğin formal ve informal ortamlarda yürütülmesi moderatör olarak incelenmiş, formal ortamlar için etki büyükülüğünün 0,73; informal ortamlar için ise 0,71 olduğu bulunmuştur. Deneysel müdahalenin süresi incelendiğinde, 1 hafta ve 4 hafta arası süren çalışmalar tasarlananın anlamlı bir biçimde avantaj yarattığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Garzón, Pavón ve Baldiris (2019) eğitim ortamlarında artırılmış gerçekliğin kullanımına yönelik bir meta-analiz ve sistematik derleme çalışması yürütmüşlerdir. 2012-2018 yıllarında yapılmış 61 yayına ulaşmışlar ve genel etki büyükülüğünü orta etki olacak şekilde 0,64 bulmuşlardır. 2012 yılından 2018 yılına kadar her sene çalışma sayısının arttığı, en çok çalışmanın ilkokul düzeyinde yapıldığı, alan olarak en çok çalışmanın fen bilimleri, matematik ve istatistik alanlarında yapıldığı, bağımlı değişken olarak en çok öğrenme çıktılarının ve motivasyonun ele alındığı, artırılmış gerçekliğin kullanımında dezavantaj olarak en çok rapor edilenin karmaşık olması ve teknik zorluklar olduğu bulgularına ulaşılmıştır. Okul düzeyi moderatör olarak incelenmiş ancak anlamlı olmadığı ve ilkokul, ortaokul, lise ve yükseköğretim için de orta düzeyde etki büyükülüğü bulunduğu rapor edilmiştir. Uygulama alanı da moderatör olarak incelenmiş, anlamlı olduğu, her alan için pozitif ve orta-yüksek etki büyükülüğü elde edildiğı, en yüksek etki büyüküklerinin ise sağlık ve sanat alanlarında olduğu bulunmuştur.

Garzón ve Acevedo 2019 yılında artırılmış gerçekliğin öğrenci kazanımlarına olan etkisini meta-analiz yöntemiyle incelemişlerdir. 2010 ve 2018 yılında yayımlanan 64 çalışmayı dahil ettikleri meta-analiz sonucunda genel etki büyükülüğünü 0,68 olarak bulmuşlardır. Kontrol grubuna uygulanan araç ve yöntem durumu moderatör olarak incelenmiş ve geleneksel yöntem, geleneksel pedagojik araçlar ve multimedya araçlar hangisi kullanılırsa kullanılsın artırılmış gerçekliğin başarı üzerinde orta düzey ve birbirine çok yakın çıkan etki büyükülüğü değerleri verdiği rapor edilmiştir. Uygulamanın formal ortamda mı, informal ortamda mı yoksa karma mı olduğu moderatör olarak incelenmiştir. En yüksek etki büyükülüğü değeri informal ortamlar için elde edilmiş ancak karma ortam için elde edilen sayı çok düşük olduğu için bu bulgunun yayım yanlışlığından etkilenebileceğı belirtilmiştir. Okul düzeyi incelendiğinde en yüksek etki büyükülüğü değerin lisans düzeyinde olduğu ancak yine grup sayıları çok düşük olduğu için sonuçlara güvenilemeyeceğı belirtilmiştir. Uygulama alanı

incelendiğinde ise en büyük etki büyüklüğü değerini yüksek etki ile mühendislik, üretim ve inşaat alanlarında olduğu bulunmuştur.

Tezer ve diğerleri (2019), 2001 ve 2019 yılları arasında artırılmış gerçeklik kullanılarak yayınlanan tez, makale ve bildiriler üzerinden meta-analiz ve sistematik derleme çalışması yürütmüşlerdir. En çok çalışmanın ABD’de yapıldığı, alan olarak turizm ve yabancı dil öğretiminde kullanıldığı, okul düzeyi olarak en fazla üniversite düzeyinde uygulama yapıldığı, ölçme aracı olarak anket ve mülakatın en sık kullanıldığı bulguları rapor edilmiştir. Yazarlar yayınlarının başlığında meta-analiz ibaresi kullansa da yayının içeriğinde sistematik derleme dışında istatistiki bilgiye yer verilmemiştir.

2.2.2. Yurt içi araştırmaları

Sanal gerçeklik ile ilgili meta-analiz araştırmaları

Çoban, Bolat ve Göksu (2022), çevreleyici sanal gerçekliğin öğrenme üzerindeki etkisine yönelik bir meta-analiz çalışması yürütmüşlerdir. 2016-2020 yılları arasında yapılan 48 çalışmaya ulaşabilen yazarlar, rastgele etkiler modeli kullanarak hesapladıkları genel etki büyüklüğünü $g=0,38$ yani küçük etki olarak bulmuşlardır. Ölçmenin uygulamadan sonra yapılması veya kalıcılık için geciktirmeli olarak yapılması, bilginin veya uygulamanın ölçülmesi, araştırmanın modeli, okul düzeyi, deneysel müdahalenin süresi, uygulama yapılan alan, kontrol grubuna uygulanan yöntem, sanal gerçeklik aracının türü gibi moderatörlerin anlamlılık durumlarına bakılmıştır. Okul düzeyi anlamlı bir moderatör olarak bulunmuş ve K-12 düzeyi için orta düzeyde etki büyüklüğü elde edilmiştir. Uygulamanın yapıldığı alanın anlamlı bir moderatör olduğu ve en yüksek etki büyüklüğü değerinin de mimarlık alanında olduğu bulunmuştur. Bilgi veya uygulamanın ölçülmesinin, ölçmenin hemen veya geciktirilmiş olarak yapılmasının anlamlı moderatörler olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Kontrol grubuna geleneksel yöntem uygulandığında etki büyüklüğünün orta düzeyde ve en yüksek değerde olduğu bulunmuştur. Çevreleme için kullanılan araç türü anlamlı bir moderatör olarak bulunmuş ve en yüksek değerlerin birbirine yakın olacak şekilde CAVE ve HMD başlıkları için çıktığı görülmüştür. Artırılmış gerçeklik için kullanılan ekran aracı mobil araçlar, tabletler ve web-cam tabanlı cihazlar olmak üzere 3 kategoride incelenmiş ve bunun anlamlı bir moderatör olduğu; en yüksek etki büyüklüğünün mobil araçlardan ve ona yakın olarak tabletlerden elde edildiği bulunmuştur. Uygulamanın

yapıldığı örneklem sayısı 50 ve üstü ve 50'nin altı olarak 2 kategoride incelenmiş ancak bunun anlamlı bir moderatör olmadığı görülmüştür.

Artırılmış gerçeklik ile ilgili meta-analiz araştırmaları

Küçük Avcı, Çoklar ve İstanbullu (2019) üç boyutlu sanal ortamların ve artırılmış gerçekliğin başarıya etkisini meta-analiz yöntemiyle incelemişlerdir. 2010 ve 2016 yılları arasında sanal ortamlar için yapılmış ve meta-analize dahil edilebilecek 20 makaleye, artırılmış gerçeklik için yapılmış 24 makaleye ulaşılmıştır. Üç boyutlu sanal ortamlar için genel etki büyüklüğünü 0,32; artırılmış gerçeklik için ise genel etki büyüklüğünü 0,46 bulmuşlardır. Okul düzeyini moderatör olarak incelemişlerdir. Üç boyutlu sanal ortamlar için ilköğretim, ortaokul, lise ve lisans olarak kategorilere ayrılan yayınların ortalama etki büyüklükleri ve anlamlılık durumu incelenmiş ancak okul düzeyinin anlamlı bir moderatör olmadığı bulunmuştur. Artırılmış gerçeklik için de okul düzeyi ilköğretim, ortaokul ve lisans olarak ayrılmış, ancak aynı şekilde okul düzeyinin anlamlı bir moderatör olmadığı rapor edilmiştir.

Özdemir, Şahin, Arcagök ve Demir (2018) artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrenme süreçlerine etkisine yönelik bir meta-analiz çalışması yürütmüşlerdir. 2007-2017 yılları arasındaki yayınları dahil ettiklerinde toplamda 16 çalışmaya ulaşılmıştır. Genel etki büyüklüğünü 0,517 yani orta etki olarak bulmuşlardır. Yayınların doğa bilimlerinde ve sosyal bilimlerde yapılmış olması bir moderatör olarak incelenmiş ve anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Doğa bilimlerinde biraz daha yüksek olduğu ve her ikisi için de pozitif sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Okul düzeyi ilköğretim, lise ve lisans olarak incelendiğinde anlamlı bir moderatör olmadığı ve her üç düzey için de sonuçların pozitif olduğu bulunmuştur.

Akçayır'ın (2018) artırılmış gerçekliğin akademik başarıya etkisine yönelik yaptığı doktora tez çalışmasında meta-analize dahil edilebileceği 36 çalışmaya ulaşılmıştır. Moderatör olarak örneklem düzeyi, uygulama alanı, yıl, ülke ve yayın türünü seçmiştir. Genel etki büyüklüğü değerini $g=0,449$ olarak bulmuştur. Örneklem düzeyinin anlamlı bir moderatör olmadığı, uygulama alanının anlamlı olduğu ve en yüksek etki büyüklüğü değerinin sosyal ve beşerî bilimlerden elde edildiği, yıl (2014 ve öncesi-2015 ve sonrası) moderatörünün anlamlı

olmadığı, ülke (ABD, İspanya, Tayvan, Türkiye) moderatörünün anlamlı olmadığı ve son olarak yayın türünün (makale-tez) anlamlı bir moderatör olmadığı sonuçlarına ulaşılmıştır.

Tekedere ve Göke (2016) eğitimde artırılmış gerçeklik kullanımının etkisine yönelik bir meta-analiz çalışması yürütmüşlerdir. 2005-2015 yılları arasında yayımlanan 15 çalışma üzerinden hesapladıkları genel etki büyüklüğü 0,667 olarak bulunmuştur. Yazarlar herhangi bir moderatör analizi gerçekleştirmemişlerdir.

Mevcut araştırmalar ışığında hem yurtiçi hem yurtdışında tüm gerçeklik türlerinin fen başarısına etkisine yönelik özel bir meta-analiz çalışmasının yapılmadığı; yıl aralıklarının çok daha dar kapsamda alındığı, karma gerçekliğe yönelik herhangi bir meta-analiz çalışmasının yürütülmediği ve kısıtlı moderatör analizi yapıldığı görülmektedir.

3. YÖNTEM

Bu bölümde meta-analiz yöntemi tanıtılarak, verilerin toplanma biçimi ve analiz yolları hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. Araştırma Modeli

Bu çalışma sistematik inceleme çalışmasıdır. Sistematik inceleme; önceden belirlenmiş bir protokole bağlı kalarak, sistemli bir biçimde literatürün incelenmesi ve elde edilen bilginin sentezlenmesidir (SAGE, 2021). Çalışmada meta-analiz yöntemi kullanılmıştır. Meta-analiz, belirli bir konu alanındaki bağımsız çalışmalardan istatistiksel olarak elde edilen sonuçları, daha genel sonuçlar elde etmek için birleştirme yöntemidir. Meta-analiz terimi ilk kez 1976 yılında Gene Glass tarafından, Amerika Eğitim Araştırmaları Birliği (American Educational Research Association) başkanırken alan yazına kazandırılmıştır. Glass, birincil veri analizi ve ikinci veri analizi yöntemlerine meta-analiz yöntemini de ekleyerek veri analizini genel bir çerçeve olarak 3'e ayırmıştır. Birincil veri analizi, bir araştırmada verinin orijinal analizidir; ikinci veri analizi orijinal araştırma sorusunu cevaplamak için daha iyi istatistiksel yöntemlerin kullanılması ya da eski veri ile yeni araştırma sorularının cevaplanmasıdır, meta-analiz ise bireysel çalışmalardan elde edilen analizleri, sonuçları birleştirmek amacıyla bir araya getirmek ve istatistiksel analizini yapmaktır (Glass, 1976). En basit ifadeyle meta-analiz, incelenen konuya ilişkin seçilen çalışma sonuçlarının ortalamasına binaen genel bir sonuç veya ilişki indeksi elde etmektir (Fraenkel ve Wallen, 2009). Burada amaç küçük örneklerde aynı değişkene ilişkin yapılan çalışmaları etki büyüklüğü temelinde bir araya getirerek genellenebilirliği yüksek bir sonuç elde etmeye çalışmaktır. Meta-analiz genel olarak yinelenen çalışmaların özetlenmesi veya sentezlenmesi olarak ifade edilse de meta-analize dahil edilen çalışmalar aslında birbirini tekrar eden çalışmalar değildir; aksine bağımlı ve bağımsız değişkenleri farklı şekillerde tanımlasalar da temelde aynı ilişkileri inceleyen çalışmalardır (Rosenthal ve Dimatteo, 2002: 393). Aynı ilişkiyi inceleme amacı olan çalışmalar, bireysel bir çalışmada bilinmeyen bir nicelik ile ilgili ortaya çıkabilecek ölçme hatasını minimize etme potansiyeline sahiptir. Farklı örneklerde aynı araştırma sorusuna cevap arandığında ortaya kümülatif bir sonuç çıkar. Değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak için yeni bir çalışma yapmak yerine, farklı

ortamlarda önceden yapılmış çok sayıda araştırmadan sonuç çıkarmak, ölçüm hatalarıyla ilgili problemlerin üstesinden gelmeyi sağlar (Field, 2009).

Meta-analiz çalışmalarında 'etki büyüklüğü' değeri temel alınır. Çalışmalarda çoğunlukla gruplar arası farklılığın istatistiksel olarak anlamlılığını belirlemek için p değeri kullanılır. Ancak p değerinin sıfıra yaklaşması elde edilen sonucun çok önemli olduğu anlamına gelmez, değişkenler arasındaki ilişkinin şansa bağlı olup olmadığını ifade eder (Kılıç, 2014). Yani sıfır hipotezinin doğru olma ihtimalinin düşük olduğu (%5'ten az) anlamına gelir. İstatistiksel olarak anlamlı bir p değeri bize müdahalenin çalışıp çalışmadığını söyler, etki büyüklüğü ise bu müdahalenin ne kadar çalıştığıyla ilgili bilgi verir (McLeod, 2019). Etki büyüklüğü bir müdahalenin etkisinin önemini, daha genel olarak iki değişken arasındaki ilişkinin gücünü yansıtan bir değerdir ve meta-analiz çalışmalarının 'para birimi' olarak adlandırılabilir (Borenstain, Hedges, Higgins ve Rothstein, 2009: 3). İstatistiksel anlamlılık ve gerçek dünyadaki anlamlılık kavramları birbirinden farklıdır. Elde edilen bir bulgunun istatistiksel olarak anlamlı olması, o sonucun şans eseri olma olasılığının düşüklüğünü ifade eder, ancak istatistiksel olarak anlamlı olan bir sonuç önemsiz olabilir hatta istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir sonuç önemli olabilir (Ellis, 2010: 3). Analiz sonucunda elde edilenin gerçekte ne kadar anlamlı olduğunun bildirilmesi gerekir. Etki büyüklüğü de istatistiksel olarak anlamlılıktan bağımsız olarak iki grup arasındaki farkın büyüklüğüyle ilgilendir. Glass ve Hakstian (1969), t-oranı ve F-oranı gibi istatistiklerin sadece sonuçların istatistiksel anlamlılığını gösterebileceğini, ancak 'pratik anlamlılık' hakkında herhangi bir şey ifade etmediklerini; karşılaştırmaların yapıldığı araştırmalarda bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü belirtmek için başka ölçülerin kullanılması gerektiğini söyler. Meta-analiz çalışmalarında etkinin tutarlılığını belirlemek ve farklı çalışmalar için birleştirilmiş bir tahmin değeri hesaplamak için ele alınan her bir çalışmadan elde edilen etki büyüklüğünün kullanılması gerekir (Fraenkel ve Wallen, 2009). Farklı çalışmalar arasında tutarlılığı değerlendirebilmek ve pratikteki anlamlılığı ifade edebilmek için bu gücü ifade eden etki büyüklüğü değeri kullanılır. Çoğu etki büyüklüğü standardize ölçü olarak ifade edilir ve bu sayede araştırmalara kullanılan ölçeklerden, enstrümanlardan ve örneklemden bağımsız bir değer elde etmeyi sağlayarak, farklı alanlarda farklı yöntemlerle yürütülen çalışmaları karşılaştırmayı mümkün kılar (Schäfer ve Schwarz, 2019). İki grup arasındaki farklılığa ilişkin ölçümlerin yapıldığı çalışmalarda Cohen's d , Hedges's g ve Glass's Δ (delta); ilişkisel çalışmalarda ise r etki büyüklüğü hesaplamalarının yapıldığı görülmektedir.

Meta-analiz çalışmalarındaki ikinci amaç, çalışma içi değişkenliği açıklamada moderatörlerin potansiyel rolünü araştırmaktır ki bu değişkenlik sadece bireysel çalışmaların örneklem büyüklüğündeki farklılıkla açıklanamaz (Field, 2009). Meta-analiz kapsamındaki bireysel araştırmalardan elde edilen etki büyüklüklerindeki farklılıkları açıklayabilecek faktörler moderatör olarak adlandırılır. Moderatör, iki değişken arasındaki ilişkiyi değiştirme ihtimali olan değişkene verilen isimdir (Hall ve Rosenthal, 1991). Her bir çalışma, farklı araştırmacılar tarafından farklı örneklemelere uygulanır ve farklı yöntemler işe koşulur. Moderatör analizi araştırma tasarımı, ortam, örneklem gibi özelliklerle etki büyüklüğü değerleri arasındaki ilişkiyi anlamaya yardımcı olur (Cooper, Hedges ve Valentine, 2019). Bu araştırma kapsamında sanal, artırılmış ve karma gerçeklik için ortak ve yapılarına özel olabilecek moderatörler veri toplama öncesinde belirlenmiş ancak literatür taramasında toplanan çalışmalar incelenirken ortaya çıkan ve iki değişken arasındaki ilişkiyi etkileme ihtimali olan diğer değişkenler de moderatör olarak bu çalışmaya eklenmiştir.

3.2. Verilerin Toplanması

Bu bir sentez çalışması olacağı için Cooper'ın (2017) önerdiği basamaklarla ilerlenmiştir. Bu basamaklar aşağıdaki gibidir;

1. Problemin formüle edilmesi
2. Literatürün taranması
3. Çalışmalardan bilgi toplanması
4. Çalışmaların özelliklerinin değerlendirilmesi
5. Çalışmalardan elde edilen çıktıların analiz edilmesi ve birleştirilmesi
6. Bulguların yorumlanması
7. Sonuçların sunulması.

Araştırmanın ilk basamağında problemin tanımlanması yer almaktadır. Araştırma problemi, fen bilimleriyle ilgili alanlarda sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik ve bütüncül olarak genişletilmiş gerçeklik uygulamalarının kullanılmasının fen başarısı üzerindeki etkisinin ne olduğuyla ilgilidir. Bu problem, araştırılabilir ve bilimsel bir yöntem

benimsenerek çözülebilir mahiyettedir. Problemin çözümünde genellenebilir bir sonuç elde edilebilmesi; literatürde bu konu ile ilgili yapılmış benzer çalışmalara ulaşmayı, bu çalışmalardan gerekli olan verinin çekilmesini ve verilerin uygun yöntemlerle etki büyüklüğü temelinde birleştirilmesini gerektirmektedir.

Literatür taramasında belirlenen veri tabanları için anahtar kelimelere karar verilmiştir. ISI Web of Knowledge, Scopus, ERIC, ScienceDirect, EBSCO, ProQuest Digital Dissertations, Google Scholar, YÖK Tez Merkezi ve ULAKBİM elektronik veri tabanları belirlenmiştir. Belirlenen anahtar kelimelerin, makale ve tezlerin başlık, özet ve anahtar kelime kısımlarında olması üzerine bir tarama yapılmıştır. İngilizce tarama yapılırken kullanılan anahtar kelimeler “((“virtual reality” OR VR) AND (achievement OR success OR learning OR performance OR gain) AND (“experimental desing” OR “experimental study”))” şeklindedir. Artırılmış gerçeklik için tarama yapılırken “augmented reality” ve “AR”, karma gerçeklik için tarama yapılırken ise “mixed reality” ve “MR” kelimeleri tercih edilmiştir. Türkçe tarama yapılırken ((sanal gerçeklik) VE (“akademik başarı*” VEYA başarı VEYA öğrenme* VEYA performans* VEYA kazanım) VE (“deneysel desen” VEYA “deneysel tasarım”)) şeklinde arama sorgusu girilmiştir. Bu arama sorguları artırılmış ve karma gerçeklik için de yapılmıştır.

Yukarıda belirtilen anahtar kelimelerle ve arama sorgusuyla yapılan tarama sonrası çıkan yayınlarda bazı sınırlandırmalara gidilmiştir. Fen bilimlerine ait disiplinlerde yapılmış olması, yayın yılı aralığının 2000-2021 Haziran aralığında olması, dilinin İngilizce ve Türkçe olması gibi filtreler ile daha spesifik çalışmalara ulaşmaya çalışılmıştır. Bunun sonucunda elde edilen yayın sayısı, aşağıda belirtilen dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre incelenmiştir. Bu kriterler eşliğinde çalışmalardan bilgi toplanmaya başlamıştır.

Dahil Etme Kriterleri:

1. Yayın dilinin İngilizce ve Türkçe olması
2. Deneysel ve yarı deneysel tasarımla yapılmış olması
3. Çalışmada bağımsız değişkenin sanal, artırılmış ve karma gerçeklik; bağımlı değişkenin akademik başarı olması

4. Çalışmanın fizik, kimya, biyoloji, astronomi, çevre, ekoloji, anatomi, fizyoloji, yer bilimleri, laboratuvar uygulamaları, mühendislik tasarım, temel fen bilimleri gibi disiplinlerde yapılmış olması
5. Çalışmaların örneklemelerinin ilkokul, ortaokul, lise ve yükseköğretim düzeyindeki öğrencilerden oluşması
6. Çalışmada akademik başarının bir test aracılığıyla ölçülmüş olması
7. Çalışmadaki deneysel tasarımda kontrol grubunun olması
8. Çalışmanın makale ve tez yayın türlerinde olması
9. Çalışmanın 2000-2021 Haziran tarih aralığında yayımlanmış olması
10. Etki büyüklüğünün verilmesi veya hesaplanması için gerekli verinin (aritmetik ortalama, standart sapma, örneklem büyüklüğü vb.) çalışma içinde verilmiş olması

Hariç Tutma Kriterleri:

1. İngilizce ve Türkçe dilleri dışında yayımlanan çalışmalar
2. Belirlenen veri tabanları dışındaki çalışmalar
3. Bildiriler (sadece sanal ve artırılmış gerçeklik için)
4. Zayıf deneysel desenle yürütülen çalışmalar
5. Nitel olarak yürütülen çalışmalar
6. Tezlerden üretilmiş makaleler
7. Herhangi bir okul düzeyine ait olmayan yetişkinler için yapılan sanal, artırılmış ve karma gerçeklik uygulamaları
8. Sanal, artırılmış ve karma gerçeklikte ne tür bir uygulamanın yapıldığına ilişkin yeterli bilgi vermeyen çalışmalar
9. Gerçeklik türünün uygulama yerine ölçme ve değerlendirme amacıyla kullanılması
10. Ulusal Akademik Ağ ve Bilgi Merkezi'nin (ULAKBİM) sunduğu veri tabanları dışında bulunan ve ücretli olan yayınlar

11. Veri çekilmesi için yeterli ve gerekli bilgi sunmayan çalışmalar (yazarlarına e-posta atılması sonucunda dönüş yapmayan yazarlara ait çalışmalar çıkarılmıştır)

İç tutarlılığı sağlamak adına fen eğitimi alanında uzman olan meta-analiz yöntemi bilen ikinci bir araştırmacı tarafından ISI Web of Knowledge ve Proquest Digital Dissertations veri tabanlarından rastgele belirlenen 2013 ve 2017 yılları için tarama yapılmıştır. Kodlayıcılar arası görüş birliğini hesaplamak için Miles ve Huberman'ın (1994) (Güvenirlilik=Görüş Birliği/(Görüş Birliği + Görüş Ayrılığı) formülü kullanılmış ve kodlayıcılar arasındaki uyum oranının %87 olduğu bulunmuştur. Kodlayıcılar arası görüş birliğinin en az %80 olması beklendiği (Miles ve Huberman, 1994) için, elde edilen oranın yeterli olduğu düşünülmüştür. Bu uyum oranı, mevcut meta-analize dahil edilen çalışmalarda yayın yanlılığı riskini azaltmıştır.

Taramalar sonucu elde edilen yayınlar dahil etme ve hariç tutma kriterleri ile incelenmiş ve sanal gerçeklik için 98, artırılmış gerçeklik için 94 ve karma gerçeklik için 26 yayında karar kılınmıştır. İlk taramadan sona kadar ilerleyen sürece ilişkin şemalar, 'PRISMA 2009 İş Akış Şeması' (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman, The PRISMA Group, 2009) ile bu araştırmanın 'Bulgular' kısmında verilmiştir. Bu yayınlardan etki büyüklüklerini hesaplamak için gerekli istatistiksel bilgiyi ve heterojenliği açıklamak için olası moderatörlere ilişkin bilgiyi kaydetmek için Excel tabloları oluşturulmuştur. Aşağıdaki Şekil 3.1'de bu kodlama formuna ait bir görsel yer almaktadır.

Makale Adı	Yazarlar	Yayın Yılı	Dergi/Ünvan	Yayın Türü	Ülke	Desen	Sınıf	Okul Düzeyi	Kişi Sayısı	Ders
Education in the Dig Allcoat, D., Hatchard, T. vd. (2021)		2021	Journal of Ec	makale	İngiltere	yarı deney	bildirilmeye	yükseöğre	45	mühendis
Social and Tactile M Barrett, R., Gandhi, H. A. vd. (2018)		2018	Journal of Ci	makale	ABD	yarı deney	bildirilmeye	yükseöğre	8	kimya
A Next Gen Interfac Birchfield, D. & Johnson-Glenberg, M		2010	International	makale	ABD	yarı deney	9.sınıf	lise	71	biyoloji
The Benefits of an A Bork, F., Stratmann, L. vd. (2019)		2019	Anatomical	makale	Almanya	yarı deney	bildirilmeye	yükseöğre	48	biyoloji
Developing an inter Chang, R. C., Chung, L. Y. & Huang, Y.		2016	Interactive I	makale	Tayvan	yarı deney		4 ilkokul	55	biyoloji
Sensor-Augmented Chao, J., Chiu, J. L. vd. (2016)		2016	Journal of Sc	makale	ABD	yarı deney	10 ve 11	lise	30	kimya
The effects of augm Chiu, J. L., DeJaegher, C. J. Vd. (2015)		2015	Computers &	makale	ABD	yarı deney	8.sınıf	ortaokul	45	kimya
Creating Interactive Dünser, A., Walker, L. Vd. (2012)		2012	OzCHI '12	bildiri	Yeni Zelar	yarı deney	10	lise	10	fizik
Collaborative Embo Johnson-Glenberg, M. C., Birchfield,		2014	Journal of Ec	makale	ABD	yarı deney	10 ve 11	lise	51	kimya
Effects of Embodied Johnson-Glenberg, M. C., Megowan-I		2016	Frontiers in	makale	ABD	yarı deney	bildirilmeye	yükseöğre	29	fizik
Effects of Embodied Johnson-Glenberg, M. C., Megowan-I		2016	Frontiers in	makale	ABD	yarı deney	bildirilmeye	yükseöğre	42	fizik
The Effects of Augm Kapp, S., Thees, M., Beil, F. Vd. (2020)		2020	Proceedings	bildiri	Almanya	yarı deney	bildirilmeye	yükseöğre	56	fizik
gPhysics—Using Sm Kuhn, J., Lukowicz, P. Vd. (2016)		2016	IEEE TRANSA	makale	Almanya	yarı deney		8 ortaokul	46	fizik

Şekil 3.1. Kodlama formuna ait bir görsel

İstatistiksel verinin ve moderatörlere ilişkin bilginin kodlanmasına ilişkin ikinci bir kodlayıcılar arası görüş birliği hesaplaması yapılmıştır. Miles ve Huberman'ın (1994)

kodlayıcılar arası görüş birliği formülü ($\text{Güvenirlilik} = \frac{\text{Görüş Birliği}}{\text{Görüş Birliği} + \text{Görüş Ayrılığı}}$) kullanılmış ve görüş birliğinin %98 olduğu görülmüştür.

Moderatörlerin belirlenmesinde eğitim alanında yapılan meta-analiz çalışmaları ve sanal ve artırılmış gerçeklikle ilgili yapılan önceki meta-analiz çalışmaları incelenmiştir. Eğitim alanında yapılan çalışmalarda genellikle yıl, yaş, ülke, desen, yayın türü, okul düzeyi, sınıf düzeyi, disiplin, veri toplama aracı ve uygulama süresi gibi moderatörler incelenmektedir. Bu araştırma için ele alınan yayınlardan heterojenliği açıklama ihtimali olan desen, yayın türü, okul düzeyi, ortaokul için sınıf düzeyi, uygulamanın yapıldığı disiplin, veri toplama aracının durumu ve kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç değişkenleri moderatör olarak belirlenmiştir. Kontrol grubuna uygulanan yöntem veya aracın 98 çalışma için çok farklı kavramlar ortaya çıkarması sonucunda birbirine benzer ve tek çatı altında toplanabilecek olanlar birleştirilmiş ve 2 boyutlu görsel, alternatif multimedya araçları, geleneksel yöntem, laboratuvar yöntemi ve somut/3 boyutlu model olarak kategorilere ayrılmıştır. Bunlara ek olarak sanal gerçeklik için Vogel ve diğerlerinin (2006), Sitzman'ın (2011) ve Merchant ve diğerlerinin (2014) önceki yıllarda sanal gerçeklikle ilgili yürüttükleri meta-analiz çalışmaları incelenmiş ve benzer moderatörler seçilmiştir. Önceki çalışmalarda sanal gerçekliğin türü simülasyon, oyun, sanal dünya gibi farklı kategorilerde ele alınmıştır. Bu araştırmada ise sanal gerçekliğin türü simülasyon, eğitici ve sanal oyun, sanal dünya ve temsil (representation) olarak belirlenmiş ve moderatör analizi için bu kategoriler kullanılmıştır. Buna ek olarak öğrencilere verilen görevin bireysel veya işbirlikli çalışma gerektirmesi, görevin öğrenciden açıklayıcı (dekleratif) bilgi veya işlemsel (prosedürel) bilgi istemesi (öğrencilerin tamamlaması gereken görevlerin tanıma, açıklama işlemleri için daha temel düzeyde veri ve olgu gibi bilgi gerektirmesi durumunda açıklayıcı bilgi, bir işin nasıl yapıldığını öğrenme ve gerçekleştirmeye yönelikse işlemsel bilgi olarak kodlanmıştır), geri bildirimin olup olmaması, sanal gerçekliğin sunum, uygulama veya bağımsız kullanım amacıyla tercih edilmesi, sanal gerçeklik aracında öğrencinin kontrolünün olup olmaması, çevreleme için kullanılan araçlar ve öğrenme ortamı moderatör olarak belirlenmiştir. Çevreleme amacıyla kullanılan araçlarda bazılarının frekansının düşük olması analiz dışında bırakmaya sebep olacağı için daha kapsayıcı kavramlar altında birleştirilmiş ve '2 boyutlu görüntü araçları' ve 'giyilebilir teknolojiler' olmak üzere 2 kategori belirlenmiştir.

Artırılmış gerçeklikle ilgili yürütülen meta-analiz çalışması için de benzer bir süreç işletilmiştir. Yayın türü, desen türü, okul düzeyi, ortaokul sınıf düzeyi, uygulamanın

yapıldığı disiplin, veri toplama aracının durumu, kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç, görevin bireysel veya işbirlikli çalışma gerektirmesi, görevin açıklayıcı bilgi veya işlemsel bilgi gerektirmesi, öğretimin modu ve öğrenme ortamı moderatör olarak sanal gerçeklikle ortak olacak biçimde belirlenmiştir. Öğrenme ortamı sanal gerçeklikte sınıf içi ve uzaktan kategorilerindeyken; artırılmış gerçekliğin mobil araçlarla kullanım imkânının yüksek olması sebebiyle incelenen araştırmalarda genellikle okul dışı öğrenme ortamı olarak belirtildiği görülmüştür. Bu yüzden artırılmış gerçeklikte öğrenme ortamı sınıf içi ve okul dışı kategorileri olarak belirlenmiştir. Kullanılan artırılmış gerçekliğin özelliği ise yine artırılmış gerçeklik teknolojisinin özelliklerinden ve önceki meta-analiz çalışmalarından yola çıkılarak işaretçi tabanlı ve lokasyon tabanlı olarak belirlenmiştir. Çevreleme düzeyi için kullanılan görüntüleme araçları ise yine artırılmış gerçeklik teknolojisine uygun olacak şekilde monitör tabanlı ve transparan optik sistem olarak belirlenmiştir.

Karma gerçeklik için moderatörlerin belirlenmesi süreci de sanal ve artırılmış gerçeklikte olduğu gibi ilerlemiştir. Ancak çalışma sayısının diğer gerçeklik türlerine göre az olması sebebiyle ve bazı kategorilerde frekansların 1 veya 2 çıkması sebebiyle, ortak moderatörlerin bazıları karma gerçeklik için ele alınamamıştır. Okul düzeyi, disiplin, kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç, veri toplama aracının durumu, görevin bireysel veya işbirlikli çalışma gerektirmesi, görevin açıklayıcı veya işlemsel bilgi istemesi ve öğretimin modu moderatörleri ele alınmıştır. Karma gerçeklik teknolojisine has özelliklerden yola çıkılarak araştırmacı tarafından bazı moderatörler belirlenmiştir. Karma gerçeklikle ilgili daha önce yapılmış bir meta-analiz çalışması bulunamadığı için, araştırmacının her çalışmayı incelemesi sonucu heterojenliği açıklama potansiyeli olduğunu düşündüğü değişkenleri belirlemiştir. Bunlar; hitap edilen duyular moderatörü (görsel+dokunsal, görsel+işitsel, görsel+işitsel+dokunsal), manipüle edilen objeler moderatörü, bedenleştirilmiş/somutlaştırılmış öğrenme için kullanılan öğeler moderatörü (hareket, jest, hareket+jest), baskın olan genişletilmiş gerçeklik türü (artırılmış gerçeklik, artırılmış sanallık) ve çevreleme durumu (çevreleyici, kısmen çevreleyici) değişkenleri olarak belirlenmiştir.

Fen bilimleri dersinde uygulanan genişletilmiş gerçeklik uygulamaları inceleneceği için; ortaokul sınıf düzeyi moderatör olarak alınmıştır. Moderatör analizi için yeterli sayıda çalışma 6, 7 ve 8. sınıflarda olduğu için ortaokul sınıf düzeyleri moderatör olarak belirlenmiştir. Ortaokul sınıf düzeyiyle ilgili farklı ülkelerde yapılan çalışmalarda küçük

farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Örneğin Türkiye’de ortaokul olarak 5, 6, 7 ve 8. sınıf kastedilmektedir. Birleşik Devletler’de primary education, anaokulundan 6. sınıfa kadar olan aralığı kapsamakta; yani 5-11 yaş aralığındaki öğrenciler dahil edilmektedir. Secondary education ise 11-18 yaş aralığını kapsamakta, junior high (middle school) 11-14 yaş aralığı ve senior high ise 15-18 yaş aralığı olarak iki gruba ayrılmaktadır. Diğer ülkelerde ise okul kategorizasyonu ve isimlendirmesinde küçük farklılıklar bulunsa da ortak olarak ortaokul ile 6, 7 ve 8. sınıfların kastedildiği belirlendiği için, Türkiye’de yapılan çalışmalar için de aynı kategori ele alınmıştır.

3.3. Verilerin Analizi

Bu araştırmanın amacına uygun ulaşılabilen araştırmalara ilişkin sonuçlar uygun prosedürlerle analiz edilip birleştirilmiştir. Bunun için CMA (Comprehensive Meta-Analysis) yazılımı kullanılmıştır. Ulaşılan ve dahil edilme kriterlerini taşıyan araştırmalara ilişkin bilgiler öncelikle kodlama formuna işlenmiştir. Bunun için dahil edilen yayınlardan aritmetik ortalama, standart sapma ve örneklem büyüklüğü verileri çekilmiştir. CMA yazılımına bu veriler girildiğinde yazılımın kendisi etki büyüklüğü değerlerini hesaplamıştır. Bazı çalışmalarda bu istatistikler verilmediğinde Psychometrica (<https://www.psychometrica.de/> ve Practical Meta-Analysis Effect Size Calculator (<https://www.campbellcollaboration.org/>) web sitelerindeki hesaplama araçları kullanılmıştır. Elde edilen etki büyüklüğü değerleri CMA yazılımına ‘computed effect size’ bölümünden girilmiştir.

Bu çalışmada sürekli değişken üzerinde iki gruba ait ortalamaların karşılaştırılmasıyla ortaya çıkan bir etki büyüklüğü değeri kullanılmıştır. Literatürde bu işlem için en sık kullanılan üç etki büyüklüğü türü vardır; Cohen’s d , Hedges’s g ve Glass’s Δ . Gruplar arasında standart sapma değerlerinde çok büyük farklılıklar olduğunda, sadece kontrol grubuna ait standart sapma değerini temel alan Glass’s Δ indeksi kullanılmaktadır. Cohen’s d ve Hedges’s g , örneklem sayısı 20’nin üstünde olduğunda çok benzer sonuçlar vermektedir. Örneklem sayısı 20’den küçükse Hedges’s g düzeltme formülüne sahiptir. Ancak bu çalışmada yayın sayısının fazla olması ve örneklem genellikle 20’den büyük olması sebebiyle Cohen’s d etki büyüklüğü değeri tercih edilmiştir.

Veriler çekildikten ve CMA yazılımına girildikten sonra analiz aşamasına geçilmiştir. Sanal, artırılmış, karma ve genişletilmiş gerçeklik için meta-analize dahil edilen çalışmalara ait orman grafikleri ve rastgele etkiler modeline göre genel etki büyüklüğü değeri verilmiştir. Etki büyüklüğü değerleri Cohen'in (1969) belirttiği üzere "0,2-0,5 küçük; 0,5-0,8 orta ve 0,8 ve üzeri büyük" olarak yorumlanmıştır. Etki büyüklüklerinin homojen veya heterojen dağılım göstermesi sonucuna göre, etki büyüklüklerini birleştirme yolu olarak literatürde en sık kullanılan iki modelden biri, sabit etkiler modeli ve rastgele etkiler modelidir. Çalışmalardaki etki büyüklüklerinin benzer olduğu, heterojenliğin düşük olduğu ve varyansın sadece örneklem farklılığından kaynaklandığı durumlarda sabit etkiler modeli kullanılmaktadır. Ayrıca çıkarımlar sadece gözlemlenen çalışmalara yönelik yapılacaksa sabit etkiler modelinin kullanılması uygundur (Cooper, Hedges ve Valentine, 2019). Çalışmalar arası heterojenliğin fazla olduğu durumlarda, çalışmalar arasındaki varyasyonun tek sebebinin örneklem farklılığı olmadığı ve başka sebeplerinde olabileceği varsayımı bulunduğu ise rastgele etkiler modeli tercih edilir. Rastgele etkiler modelinde, dahil edilen çalışmaların genel bir popülasyondan örneklandığı, bu sebeple de elde edilen sonuçların bu popülasyona genellenebileceği varsayımı bulunmaktadır (Hedges ve Vevea, 1998). Sosyal bilimlerde yürütülen çalışmalarda etki büyüklükleri arasında değişim olacağı ve bu sebeple rastgele etkiler modelinin kullanılması önerilir (Field ve Gillett, 2010). Genel etki büyüklüğü değerinin hesaplanmasından sonra, yayım yanlılığının olup olmadığı incelenmiştir. Yayın yanlılığı, dahil edilen çalışmaların literatürü temsil etme gücünün zayıf olması veya yayınlanan çalışmaların genellikle istatistiksel olarak anlamlı sonuçları içermesi gibi sebeplerle ortaya çıkmaktadır. Bu durumu incelemek için huni grafiği (funnel plot), Güvenli N ve Begg ve Mazumdar sıra korelasyonu gibi testlerin sonuçlarına bakılmıştır. Ele alınan araştırmaların aynı hipotezi test edip etmediğini belirlemek için heterojenlik değerlendirmesinde önce orman grafiğine bakılmış, çalışmaların güven aralıklarının kesişme durumları incelenmiştir. Kesişme durumu çok az veya hiç yoksa Cochran Q istatistiği (p değerine bakılarak heterojenliğin anlamlılığı hakkında fikir sahibi olmak) ve I^2 istatistiği (çalışmalar arasındaki varyansın şans eseri oluşmadığını gösteren yüzdelik oranlar) değerleri analiz edilmiştir. Meta-analiz çalışmalarında bağımlı ve bağımsız değişkenimize göre kaç tane çalışmaya ulaşılabileceği heterojenlik için Q veya I^2 testlerinin yapılmasında bir tercih sebebidir. Çok sayıda çalışmaya meta-analiz yapıldığında Q istatistiği genellikle heterojenliği az gösterme eğilimindeyken, I^2 istatistiği gerçek heterojenlik derecesini ölçmektedir (Higgins ve Thompson, 2002). Bu çalışmada her iki teste ilişkin değerlere yer verilmiştir. Etki büyüklükleri arasında heterojenlik testleri anlamlı olması ve heterojenliğin

yüksek olması sebepleriyle, çalışmalar arasındaki farklılığa hangi değişkenlerin sebep olabileceğini ve ayrıca hangi koşulların bağımlı değişken üzerinde diğerlerine kıyasla daha etkili olduğunu bulmak için moderatör analizleri yapılmıştır. Sanal, artırılmış ve karma gerçeklik için belirlenen moderatörlerin anlamlılık durumları ve hangi değişkenin çalışmalar arası varyansı açıkladığına ilişkin bulgular sunulmuştur.



4. BULGULAR

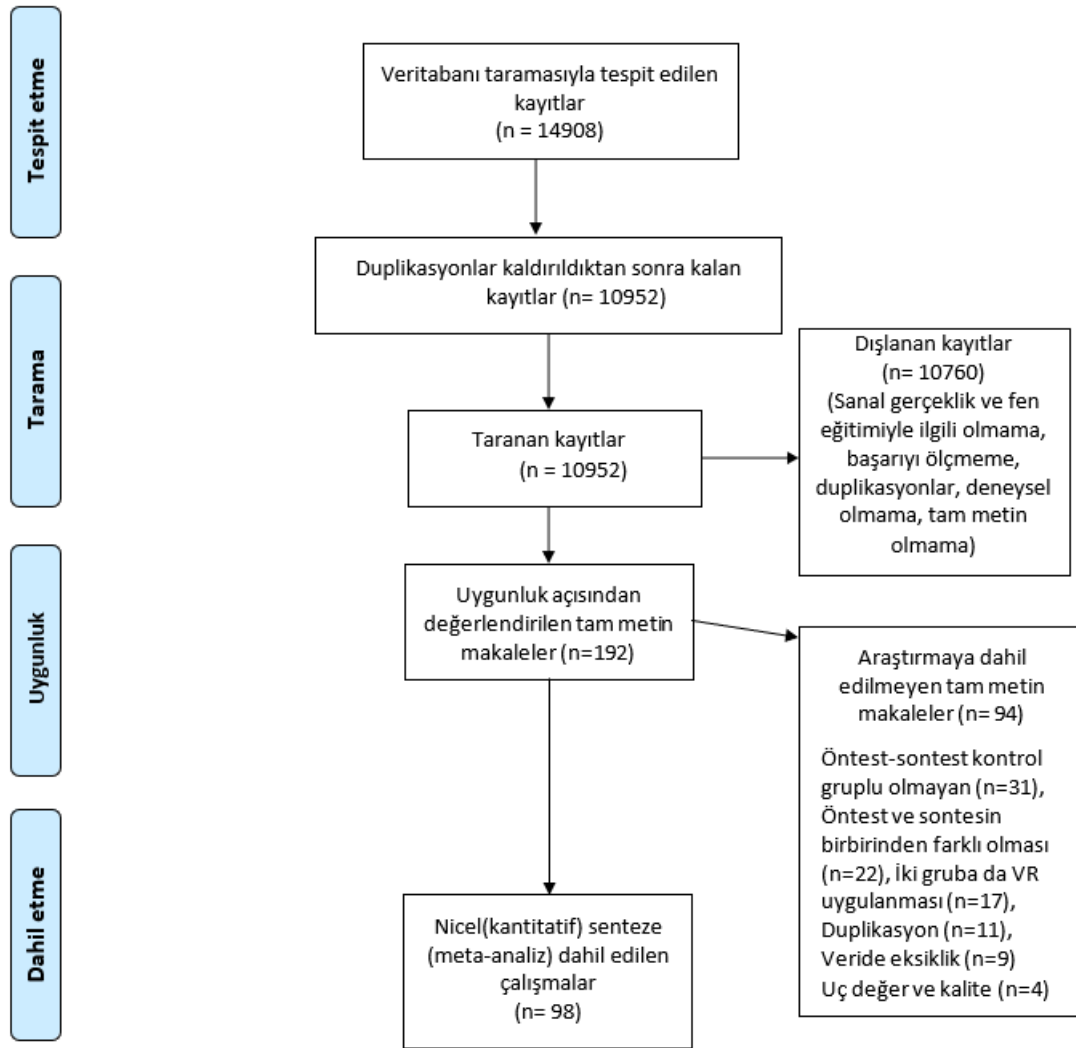
Bu bölümde sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, karma gerçeklik ve genişletilmiş gerçeklik ile ilgili meta-analiz sonucu elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

4.1. Fen Eğitiminde Sanal Gerçeklik Kullanımının Akademik Başarıya Olan Etkisine Yönelik Yapılan Meta-Analizin Bulguları

Bu bölümde fen eğitiminde sanal gerçeklik kullanımı ile ilgili PRISMA akış şemasına, betimsel özelliklere, genel etki büyüklüğü değerine ve moderatör analizlerine yer verilmiştir.

4.1.1. PRISMA akış şeması

Şekil 4.1'deki akış şemasında, sanal gerçeklikle ilgili veri tabanlarında yapılan tarama sonucunda belirlenen, dahil edilen ve hariç tutulan kayıtların sayısı ve hariç tutma nedenleri haritalandırılmıştır.



Şekil 4.1. Sanal gerçeklik PRISMA akış şeması

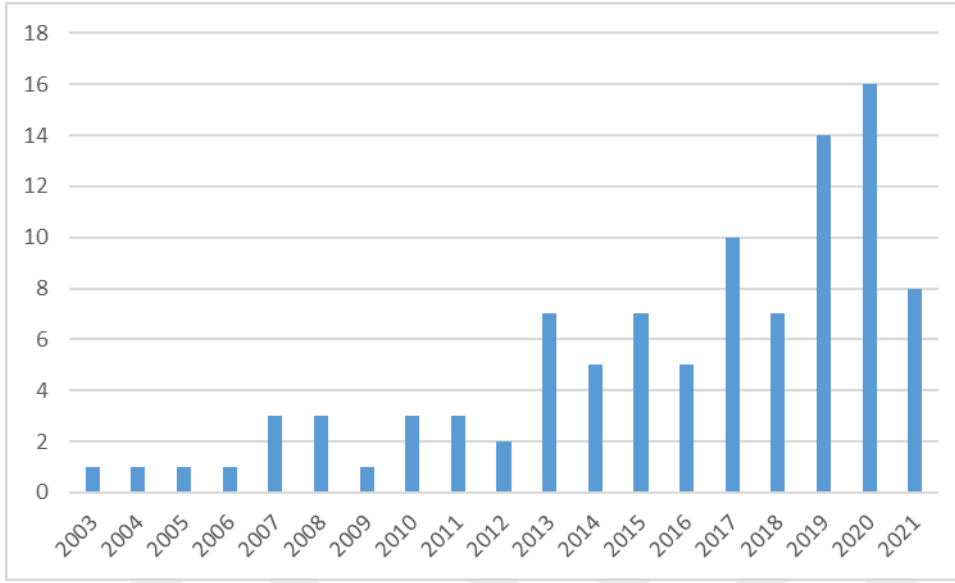
Veri tabanlarından ilk taramada ulaşılan 14908 çalışma belirlenen kriterlere göre irdelendiğinde fen eğitiminde sanal gerçeklik uygulamasının akademik başarıya etkisini inceleyen 98 çalışma meta-analize dahil edilmiştir.

4.1.2. Fen eğitiminde sanal gerçeklik kullanılan çalışmaların betimsel özellikleri

Bu bölümde meta-analize dahil edilen sanal gerçeklik ile ilgili çalışmaların betimsel özelliklerine yer verilmiştir.

Yıllara göre çalışma sayısı

Sanal gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen çalışmaların yıllara göre dağılımına ilişkin bilgi Şekil 4.2’de verilmiştir.

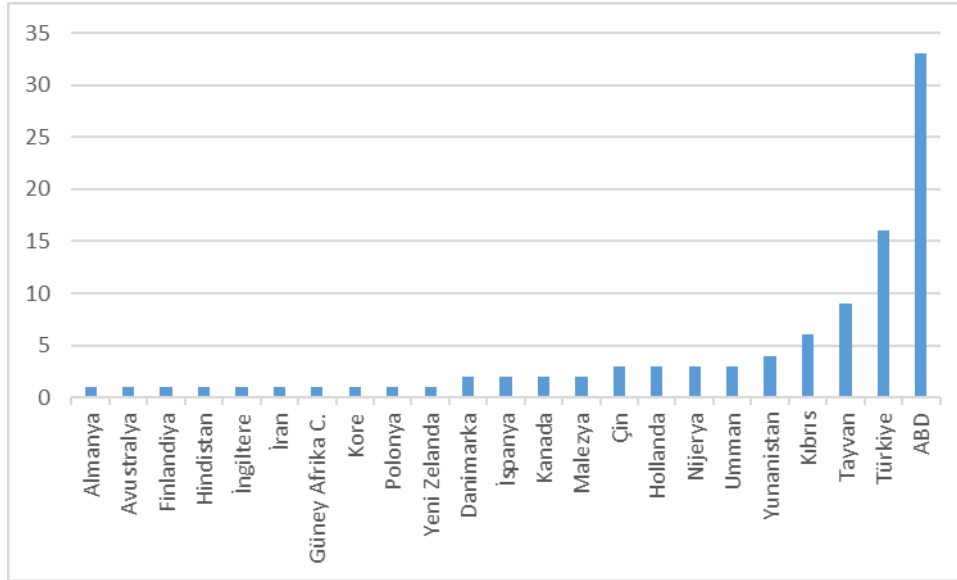


Şekil 4.2. Sanal gerçeklikte yıllara göre çalışma sayıları

Fen eğitiminde sanal gerçeklikle ilgili yapılan ve meta analize dahil edilen 2000-2021 (Haziran) yılları arasında yapılan deneysel çalışmaların yayın yıllarına bakıldığında 2003 yılında başladığı ve 2013 yılında artışın başlayarak günümüze doğru ivmeli bir şekilde devam ettiği görülmektedir.

Ülkelere göre çalışma sayıları

Sanal gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen çalışmaların yapıldığı ülkelere ilişkin bilgi Şekil 4.3'te verilmiştir.

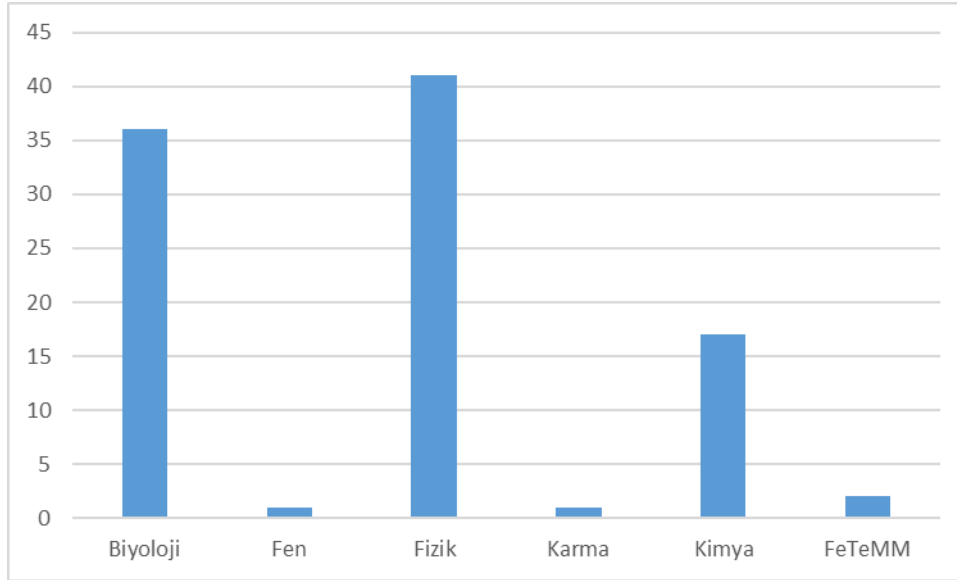


Şekil 4.3. Sanal gerçeklikte ülkelere göre çalışma sayıları

Fen eğitiminde sanal gerçeklikle ilgili yapılan deneysel çalışmaların en çok ABD’de olduğu, ikinci sırayı Türkiye’nin aldığı ve yine yüksek bir sayıyla üçüncü sırada Tayvan’ın olduğu görülmektedir. Türkçe dilinde yazılan araştırmaların meta-analize dahil edilmesinin bu bulguya etkisi vardır. Sanal gerçekliğin fen eğitiminde kullanılmasının ülke bağlamında 23 ülkeyle geniş bir yelpazeye sahip olduğu söylenebilir.

Disiplin

Sanal gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen çalışmalarda sanal gerçekliğin geliştirildiği disiplinlere ilişkin bilgi Şekil 4.4’te sunulmuştur.

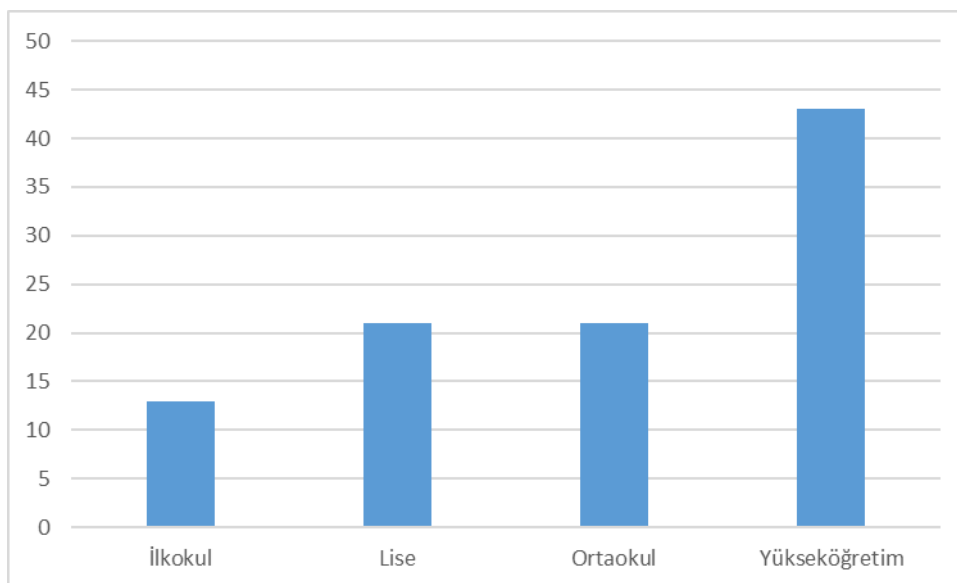


Şekil 4.4. Sanal gerçeklikte disipline göre çalışma sayısı

Fen eğitiminde sanal gerçeklikle ilgili yapılan gerçek ve yarı deneysel çalışmalarda disiplin olarak en çok fiziğin tercih edildiği, ikinci sırada biyolojinin ve 3 temel disiplin arasında da en az tercih edilenin kimya olduğu görülmektedir.

Okul düzeyi

Sanal gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen çalışmaların hangi okul düzeylerinde yürütüldüğüne ilişkin bilgi Şekil 4.5'te verilmiştir.

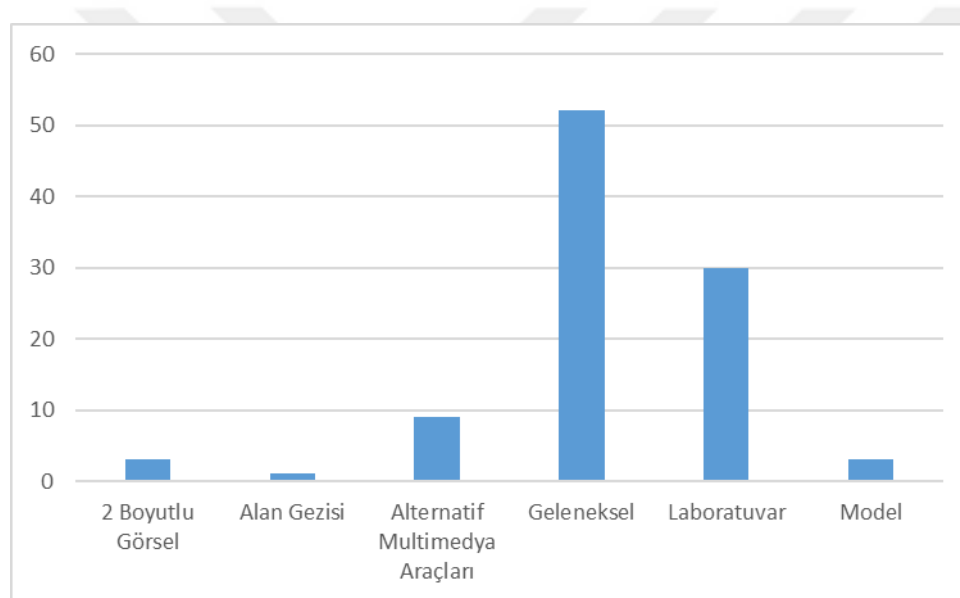


Şekil 4.5. Sanal gerçeklikte okul düzeyine göre çalışma sayıları

Fen eğitiminde sanal gerçeklikle ilgili yapılan deneysel çalışmalarda öğretim düzeyi olarak en çok yükseköğretimin tercih edildiği, daha sonra sırasıyla lise, ortaokul ve en az ilkokulda yapıldığı görülmektedir. Okul öncesinde yapılan herhangi bir çalışmaya ise rastlanamamıştır.

Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç

Sanal gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen çalışmalarda, deney grubunda sanal gerçeklik kullanıldığında kontrol grubunda hangi yöntem veya araçların kullanıldığına ilişkin betimsel veri Şekil 4.6’da sunulmuştur.

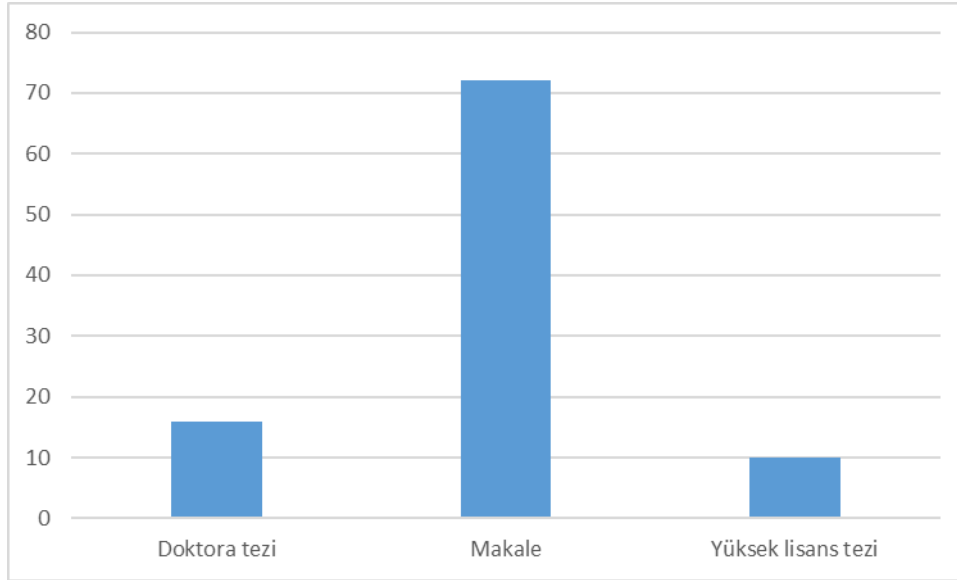


Şekil 4.6. Sanal gerçeklikte kontrol grubuna uygulanan yöntem/araca göre çalışma sayıları

Fen eğitiminde sanal gerçeklikle ilgili yapılan deneysel çalışmalarda kontrol gruplarına sıklıkla geleneksel yöntemin uygulandığı, ikinci sırada laboratuvar yönteminin tercih edildiği ve üçüncü sırada da farklı multimedya araçların kullanıldığı görülmektedir.

Yayın türü

Sanal gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen çalışmaların yayın türlerine ilişkin bilgi Şekil 4.7’de verilmiştir.

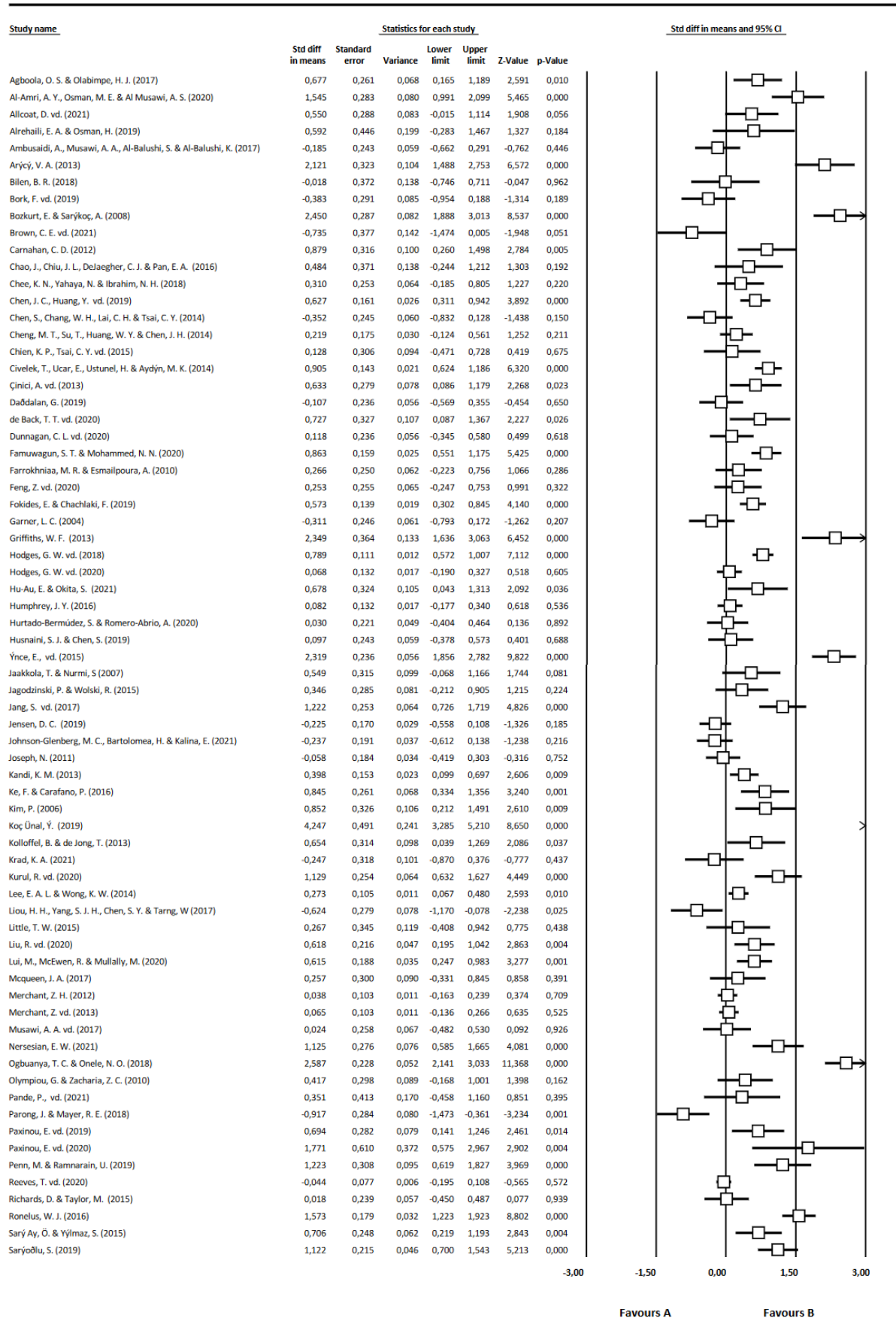


Şekil 4.7. Sanal gerçeklikte yayın türüne göre çalışma sayısı

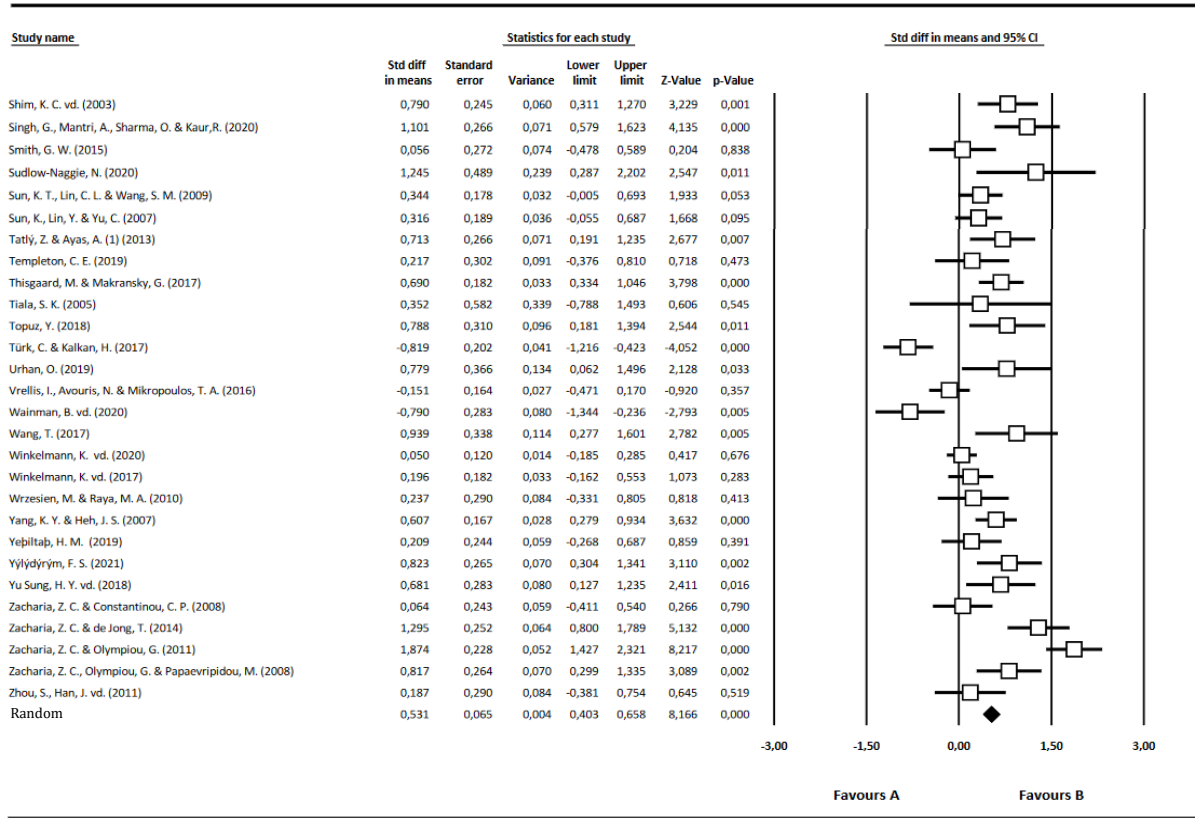
Sanal gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen yayınların sıklıkla makale olarak yayınlandığı, ikinci sırada doktora tezlerinin olduğu ve son olarak yüksek lisans tezi olarak yayınlandığı bulunmuştur.

4.1.3. Genel etki büyüklüğü

Sanal gerçeklik kullanımının fen başarısı üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla meta-analize dahil edilen çalışmaların bireysel etki büyüklükleri ve tüm çalışmaların uygun yöntemlerle bir araya getirilmesiyle ortaya çıkan genel etki büyüklüğü hesaplanmıştır. Sanal gerçekliğin fen başarısına etkisinin incelendiği 98 çalışma meta-analize dahil edilmiştir. Dahil edilen çalışmaların künyesine kaynaklardan ulaşılabilir. Şekil 4.8’de sanal gerçeklikle ilgili etki büyüklüğü ve güven aralığına ilişkin nokta tahminleri orman grafiği formatında gösterilmektedir. Şekilde bulunan listenin sol tarafında çalışmaya dahil edilen yayınların isimleri, bireysel etki büyüklükleri, standart hataları, varyansları, güven aralıkları, z değerleri, anlamlılık değerleri, örneklem sayıları gibi istatistikler yer alırken; sağ tarafında -4, +4 etki büyüklüğü aralığında standartlaştırılmış ortalamalar arası farka ilişkin görsel yer almaktadır.



Şekil 4.8. Sanal gerçeklik orman grafiği



Şekil 4.8. (Devamı)

Şekil 4.8 incelendiğinde değerlerin -0,917 ve 4,247 arasında dağıldığını, 98 çalışmanın 81 tanesinin (%83) diğer yöntem veya araçlara kıyasla sanal gerçeklik kullanımı lehine pozitif etki gösterdiği görülmektedir. 98 çalışmanın 17 tanesi (%17) ise sanal gerçeklikle ilgili negatif sonuçlar vermiştir. Bu deneysel çalışmaların deney ve kontrol grupları arasında anlamlı farklılık çıkma oranlarına baktığımızda 98 çalışmadan 47'sinde (%48) anlamlı fark çıkmazken, 51'inde (%52) anlamlı fark bulunmuştur. Uygulanan müdahalelerin pratikteki anlamlılığına ilişkin yorumda bulunabilmek, tek bir çalışmanın etki büyüklüğünü hafife almamak veya olduğundan fazla göstermemek, yapılacak tahminin duyarlılığını ve çalışmaların istatistiksel gücünü artırmak için genel etki büyüklüğünü incelemek gerekmektedir. Sanal gerçeklikle yapılan ve analize dahil edilen 98 çalışmadaki verilerin sentezlenerek elde edilen genel etki büyüklüğüne ilişkin veri Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Rastgele etkiler modeline göre sanal gerçeklik genel etki büyüklüğü

Model	Cohen's <i>d</i>	Standart Hata	Varyans	Alt Limit	Üst Limit	Z	<i>p</i>
Rastgele Etkiler	0,531	0,065	0,004	0,403	0,658	8,166	0,000

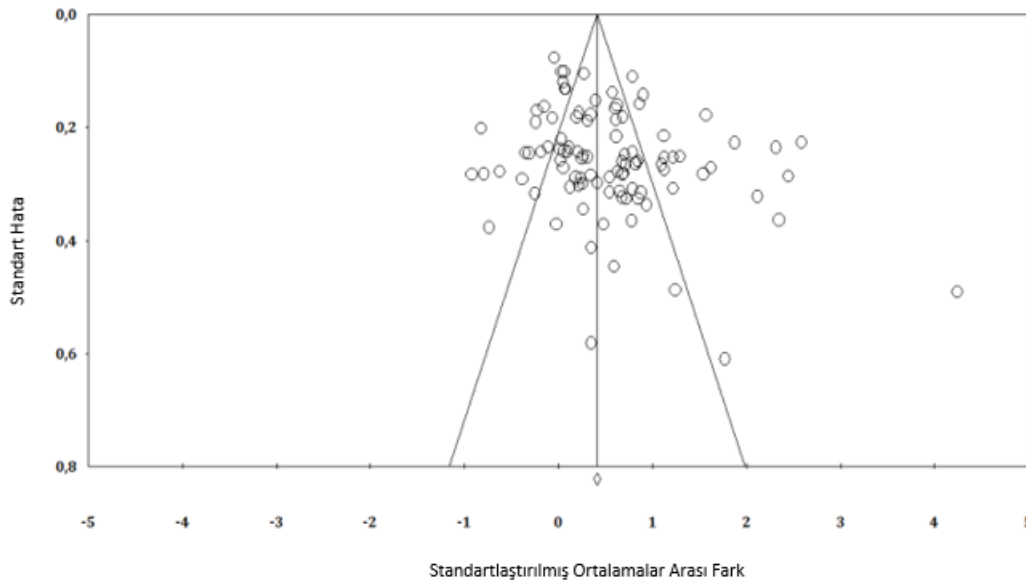
$p < 0,05$

Rasgele etkiler modeline göre hesaplanan verilerin yer aldığı Çizelge 4.1 incelendiğinde sanal gerçeklik uygulamalarının fen başarısı üzerindeki genel etki büyüklüğünün 0,531 olduğu görülebilir ($Z=8,166$; $p < 0,05$). Bu değer, sanal gerçekliğin fen başarısı üzerinde orta büyüklükte bir etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Güven aralıkları için alt limit 0,403; üst limit ise 0,658 bulunmuştur.

4.1.4. Yayım yanlılığı analizleri

Küçük örneklemler ve küçük etki büyüklüğüne sahip çalışmaların genellikle anlamlı sonuçlar çıkarmaması ve istatistiksel gücünün zayıf olması gibi sebepler, bu çalışmaların meta-analizlerde temsil edilmemesine ve bu durum da yayım yanlılığına sebep olmaktadır (Lipsey ve Wilson, 2001). Yayım yanlılığını değerlendirmek için huni grafiğinin (funnel plot) simetrik olma durumu görsel olarak incelenebilir. Bunun dışında güvenli N değeri, Egger testi, Begg ve Mazumdar sıra korelasyonu testi, Duval ve Tweedie'nin kırp ve doldur yöntemleri opsiyonel olarak kullanılabilir.

Sanal gerçeklikte analize dahil edilen yayınların yayım yanlılığını incelemek amacıyla Şekil 4.9'da huni grafiği verilmiş ve Rosenthal'in güvenli N ve Orwin'in güvenli N Testlerine ait sonuçlar sunulmuştur. Şekil 4.9'daki huni grafiği incelendiğinde çalışmaların üst kısımlarda sıklaştığı yani standart hatalarının düşük olduğu ve genel olarak simetrik bir görünüm sergilediği söylenebilir. Huni grafiğini tek başına incelemek yayım yanlılığı için yeterli olmadığından, diğer testlere ait sonuçlar da sunulmuştur.



Şekil 4.9. Sanal gerçekliğe ait huni grafiği

Yayım yanlılığın tespitinde Rosenthal'in güvenli N değeri kullanılmıştır. Güvenli N değeri, elde edilen etki büyüklüğü değerinin istatistiksel olarak anlamlı olmayan hale getirilmesi için gerekli olan çalışma sayısını verir. Güvenli N değeri veri seti için $N_R=1184$ olarak bulunmuştur. $N_R > 5k+10$ olduğunda meta-analizin yayım yanlılığının düşük olduğu yorumu yapılabilir (Rosenthal, 1995). Çalışma sayısı yani $k=98$ olduğu için $1184 > 500$ sonucu elde edilir ve yayım yanlılığı düşüktür denilebilir.

Orwin'in güvenli N yöntemi de etki büyüklüğü değerinin önemsiz bir değere çekilmesi için gerekli olan yayımlanmamış çalışma sayısını belirtir. Örneğin etki büyüklüğü değerini 0,0001 seçildiğinde, etki büyüklüğü değerini 0,001'in altına düşürmek için gerekli olan yayımlanmamış çalışma sayısı 9505 olarak çıkmaktadır. Mevcut durumda literatürde sanal gerçekliğin fen başarısına etkisini deneysel olarak ölçen 9505 tane daha çalışma bulunamayacağı için, sanal gerçeklik için yürütülen meta-analizde yayım yanlılığı yoktur denebilir.

4.1.5. Çalışmalar arası heterojenlik durumu

Meta-analize dahil edilen çalışmaların etki büyüklüklerinde bir değişkenlik olup olmadığını tespit etmek için heterojenlik analizleri yapılmaktadır. Heterojenliğe deneysel çalışmaların metodolojik etkenleri sebep olduğu gibi, seçilen konunun doğasından kaynaklanan bazı değişkenler de etkileyebilir. Burada heterojenlik durumuna ilişkin Çizelge 4.2'de Cochran

Q-istatistiği ve I^2 değerine yer verilmiştir. Orman grafiği de (bkz. Şekil 4.8.) heterojenlik hakkında ipuçları vermektedir.

Çizelge 4.2. Sanal gerçeklik meta-analizine dahil edilen çalışmalar arasındaki heterojenlik durumu

Model	k	Q	df	p	I^2
Rastgele Etkiler	98	853,570	97	0,000	88,636

$p < 0,05$

Q-istatistiği ki-kare dağılımına sahiptir. Bu sebeple elde edilen değer ki-kare tablosunda yer alan kritik değerle karşılaştırılmasını gerektirir. k burada meta-analize dahil edilen çalışma sayısını göstermektedir. Doksan yedi serbestlik derecesi $\alpha=0,05$ düzeyinde kritik Q değeri 120,990'dır. Çalışmada elde edilen 853,570 değeri, kritik Q değerinden büyük olduğu için, mevcut veri setinde istatistiksel olarak anlamlı bir heterojenlik olduğu söylenebilir. Bu veri seti için I^2 değeri ise 88,636 bulunmuştur. I^2 değerinin 100'e yaklaşması heterojenliğin arttığını ifade ettiğinden, sanal gerçeklikte meta-analize dahil edilen çalışmalar arası heterojenliğin yüksek olduğu söylenebilir.

Orman grafiğinde çalışmaların güven aralıklarının az veya hiç kesişmemesi ve bireysel çalışmalara ait etki büyüklüklerinin genel etki büyüklüğünü ifade eden elmasın sağında ve solunda dağılım göstermesi çalışmalar arasında heterojenlik olduğunu göstermektedir (Şen ve Yıldırım, 2020). Şekil 4.9'daki sanal gerçekliğe ait orman grafiğinde bu durum gözlenmektedir.

4.1.6. Moderatör analizleri

Sanal gerçekliğin fen başarısına olan etkisini derleyen meta-analize yönelik yürütülen analizlerde heterojenlik yüksek çıktığı için, ikincil verilerde yürütülebilecek olan moderatörler konunun doğasına uygulan olacak şekilde belirlenmiştir. I^2 değerinin %75 ve %100 arasında çıkması yüksek heterojenlik anlamına gelmektedir ve heterojenlikle ilgilenmenin yollarından biri alt grup analizleri veya meta-regresyon yapmaktır (Deeks, Higgins ve Altman, 2011). Bu bölümde alt grup analizleri yapılmıştır. İlgili literatür incelenerek belirlenen moderatörlerden frekanslarında sorun olmayanlar analizlere dahil edilmiş ve toplamda 15 moderatör incelenmiştir.

Yayın türü, çalışmanın deseni, okul düzeyi, sınıf düzeyi, disiplin, VR türü, kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç, veri toplama aracının özelliği, görevin işbirlikli veya bireysel yürütülmesi, görevin gerektirdiği bilgi türü, geribildirim bulunma durumu, öğrenci kontrolünün olma veya olmama durumu, öğretim modu, kullanılan çevreleme araçları ve öğrenme ortamı gibi moderatörlerde karar kılınmıştır. Kategorideki frekanslar açısından sorun olmayan moderatörlere ilişkin bulgular aşağıda sunulmuştur.

Yayın türü moderatörü

Yayın türü moderatöründe meta-analize dahil edilen çalışmalar makale, yüksek lisans tezi ve doktora tezi olmak üzere üç kategoride incelenmiştir. Sanal gerçekliğin kullanıldığı yayınların makale, yüksek lisans tezi veya doktora tezi olmasına göre çalışmaların etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı sorusuna cevap aranmıştır. Meta-analize dahil edilen bir çalışma kapsamlı bir projeye aittir ve projenin bitiminde yayınlanan bir kitapçıktan gerekli veriler çekilmiş olmasına rağmen, bu moderatör kapsamında frekansı 1 olduğu için bu analizden çıkarılmıştır.

Çizelge 4.3. Yayın türü kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Yayın türü	Doktora tezi	16	0,489	[0,168; 0,811]	1,717	2	0,424
	Makale	71	0,504	[0,360; 0,649]			
	Yüksek lisans tezi	10	0,925	[0,305; 1,544]			

(k=çalışma sayısı, d=ortalama etki büyüklüğü, GA=güven aralığı, Q_B=gruplar arası homojenlik, sd=serbestlik derecesi)
p > 0,05

Çizelge 4.3 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 1,717; serbestlik derecesinin 2 ve p değerinin 0,424 olduğu görülmektedir. Yani alt gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. Makale, yüksek lisans tezi ve doktora tezi olarak üretilmiş çalışmaların etki büyüklükleri arasında heterojenlik testi sonucu anlamlı bir fark çıkmamıştır.

Araştırma deseni moderatörü

Meta-analize dahil edilen çalışmaların metodolojik açıdan seçtiği desene göre gruplandırılması sonucu, ortaya çıkan etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığına ilişkin moderatör analizi gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalarla yürütülen bir meta-analiz olduğu için gerçek deneysel ve yarı deneysel olarak kategoriler belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. Araştırma deseni kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Desen	Gerçek deneysel	15	0,562	[0,280; 0,844]	0,048	1	0,826
	Yarı deneysel	83	0,527	[0,384; 0,670]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.4 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 0,048, serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,826 olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre gruplar arasında anlamlı bir farklılık olmadığı görülebilir. Sanal gerçekliğin kullanıldığı çalışmalarda benimsenen desen sonucu ortaya çıkan etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark yoktur.

Okul düzeyi moderatörü

Okul düzeyinde kategoriler ilkokul, ortaokul, lise ve yükseköğretim şeklinde kodlanmıştır. Sanal gerçekliğin uygulandığı okul düzeyine göre çalışmaların etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı incelenmiştir.

Çizelge 4.5. Okul düzeyi kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Okul düzeyi	İlkokul	13	0,732	[0,286; 1,177]	2,219	3	0,528
	Ortaokul	21	0,636	[0,400; 0,872]			
	Lise	21	0,510	[0,319; 0,700]			
	Yükseköğretim	43	0,439	[0,212; 0,665]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.5 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 2,219; serbestlik derecesinin 3 ve p değerinin 0,528 olduğu görülmektedir. Alt gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. Sanal gerçeklik uygulamalarının fen başarısına etkisinin okul düzeyi açısından etki büyüklüklerinde anlamlı bir fark elde edilmemiştir.

Ortaokul sınıf düzeyi moderatörü

Ortaokul sınıf düzeyleri 6, 7 ve 8. sınıf olmak üzere üç kategoride kodlanarak moderatör analizi gerçekleştirilmiştir. Sanal gerçekliğin ortaokulda uygulandığı sınıf düzeyine göre etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı sorusuna cevap aranmıştır.

Çizelge 4.6. Ortaokul sınıf düzeyi kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Ortaokul sınıf	6. sınıf	7	0,502	[0,168; 0,837]	2,905	2	0,234
	7. sınıf	4	0,999	[0,288; 1,710]			
	8. sınıf	4	0,924	[0,457; 1,392]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.6'da 6. sınıftan 7 çalışma, 7. sınıftan ve 8. sınıftan 4'er çalışma olduğu; 7 ve 8. sınıflar için ortalama etki büyüklüğünün yüksek ve birbirine yakın olduğu, karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 2,905; serbestlik derecesinin 2 ve p değerinin 0,234 olduğu görülebilir. Bu bulgulara göre ortaokulda uygulanan sanal gerçekliğin fen başarısına olan etkisinin sınıf düzeylerine göre ortalama etki büyüklükleri açısından anlamlı bir farklılık olmadığı söylenebilir.

Disiplin moderatörü

Fizik, kimya ve biyoloji olarak kategorilere ayrılan yayınlara moderatör analizi yapılmış ve sanal gerçekliğin geliştirildiği disipline göre ortaya çıkan ortalama etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığı incelenmiştir. STEM ve temel fen bilimleri gibi kategoriler bulunsun da frekansları 2 ve altında olduğu için analizden çıkarılmıştır.

Çizelge 4.7. Disiplin kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonuçları

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Disiplin	Biyoloji	35	0,340	[0,169; 0,512]	7,213	2	0,027
	Fizik	42	0,758	[0,499; 1,017]			
	Kimya	17	0,394	[0,158; 0,630]			

$p < 0,05$

Çizelge 4.7 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 7,213; serbestlik derecesinin 2 ve p değerinin 0,027 olduğu görülmektedir. Elde edilen p değeri 0,05'ten küçük olduğu için alt gruplar açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Sanal gerçeklik kullanımı 3 disiplin açısından da fen başarısını artırmada etkiliyken, özellikle fizik derslerinde kullanımının fen başarısına olan ortalama etki büyüklüğü 0,758 ile en büyük değere sahiptir.

Kullanılan sanal gerçekliğin türü moderatörü

Kullanılan sanal gerçeklik teknolojisi ilgili literatürle ilişkili olacak şekilde simülasyon, sanal ve eğitici oyun, sanal dünya ve temsil olarak kategorileştirilmiştir.

Çizelge 4.8. Sanal gerçeklik türü kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Sanal gerçeklik türü	Sanal dünya	10	0,132	[-0,017; 0,280]	20,655	3	0,000
	Sanal ve eğitici oyun	10	0,550	[0,195; 0,904]			
	Simülasyon	69	0,634	[0,464; 0,805]			
	Temsil	9	0,196	[-0,258; 0,651]			

$p < 0,05$

Çizelge 4.8 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 20,655; serbestlik derecesinin 3 ve p değerinin 0,000 olduğu görülmektedir. Bu durum, alt gruplar açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. Simülasyon, sanal dünya, sanal ve eğitici oyun ve temsil sanal gerçeklik türlerine göre gruplandırılan çalışmalardan elde edilen ortalama etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık olduğu ve en büyük etki büyüklüğü değerinin simülasyonda ($d=0,634$) ve ikinci sırada sanal ve eğitici oyunda ($d=0,550$) olduğu görülmektedir.

Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç moderatörü

Kontrol gruplarına uygulanan yöntem veya araçlara göre meta-analize dahil edilen çalışmaların etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığı test edilmiştir. Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç moderatörü için 2 boyutlu görsel, alternatif multimedya araçları, geleneksel yöntem, laboratuvar ve somut model olmak üzere 5 kategori belirlenmiştir. Alan gezisi olarak bir kategori daha bulunsa da frekansı 1 olduğu için analiz dışında bırakılmıştır.

Çizelge 4.9. Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç	2 boyutlu görsel	4	0,198	[-0,033; 0,429]	80,205	4	0,000
	Alternatif	9	0,070	[-0,273; 0,413]			
	multimedya araçları	51	0,682	[0,510; 0,854]			
	Geleneksel yöntem	30	0,607	[0,358; 0,856]			
	Laboratuvar	3	-0,798	[-1,093; -0,502]			
	Somut/3 boyutlu model						

$p < 0,05$

Çizelge 4.9’da karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 80,205; serbestlik derecesinin 4 ve p değerinin 0,000 olduğu görülmektedir. Bu bulgu, alt gruplar açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu ortaya çıkarmıştır. Kontrol grubunda uygulanan yönteme veya araca göre sanal gerçekliğin fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları 2 boyutlu görsel için 0,198; alternatif multimedya araçları için 0,070, geleneksel yöntem için 0,682; laboratuvar yöntemi için 0,607 ve 3 boyutlu/somut modeller için -0,798 değerindedir. Kontrol gruplarına geleneksel ve laboratuvar yöntemleri uygulandığında sanal gerçekliğin fen başarısını artırmada daha etkili olduğu görülmektedir. Deney grubunda sanal gerçeklik, kontrol grubunda somut/3 boyutlu model kullanıldığında ise etki büyüklüğü değeri negatif ($d=-798$) çıkmaktadır.

Veri toplama aracının durumu moderatörü

Sanal gerçeklikte ele alınan çalışmalarda fen başarısı ölçmek için kullanılan ölçme araçlarının standart bir test olması veya araştırmacı/uygulayıcı öğretmen tarafından geliştirilmesi durumlarına göre moderatör analizi gerçekleştirilmiştir. Kullandığı test hakkında bilgi vermeyen 1 çalışma analiz dışında bırakılmıştır.

Çizelge 4.10. Veri toplama aracı kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Veri toplama aracı	Araştırmacının/öğretmenin geliştirdiği	74	0,453	[0,312, 0,593]	3,519	1	0,061
	Standartlaştırılmış test	23	0,760	[0,471, 1,050]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.10’da karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 3,519; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,061 olduğu görülmektedir. Meta-analize dahil edilen yayınlarda kullanılan ölçme aracının özelliğine göre sanal gerçeklik uygulamasının fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları, araştırmacının/uygulayıcı öğretmenin geliştirdiği testler için 0,453 ve standart testler için 0,760 ile daha yüksektir. Ancak kategorilere ayrılarak değerlendirilen 2 gruba ait çalışmaların fen başarısı açısından ortalama etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Sanal gerçeklikte öğrencilere verilen görevin bireysel veya işbirlikli olması moderatörü

Sanal gerçeklik uygulamalarında öğrencilere bir görev verilmektedir ve bu görevi ya bireysel olarak ya da işbirlikli bir çalışma ile tamamlamaktadırlar. Meta-analize dahil edilen çalışmalar da bu duruma göre kategorilere ayrılmış ve moderatör analizi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.11. Görevin bireysel veya işbirlikli olması kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Görevin bireysel veya işbirlikli olarak tamamlanması	Bireysel	65	0,540	[0,384; 0,695]	0,005	1	0,944
	İşbirlikli	29	0,551	[0,292; 0,809]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.11 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 0,005; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,944 olduğu görülmektedir. Sanal gerçeklik uygulamalarında verilen görevin bireysel veya işbirlikli olarak gerçekleştirilmesinin fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları arasında anlamlı bir fark olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Sanal gerçeklikte öğrencilere verilen görevin gerektirdiği bilgi türü moderatörü

Ele alınan çalışmalar, öğrencilerin sanal gerçeklikte tamamladıkları görevlerin gerektirdiği bilgi türlerinin açıklayıcı veya işlemsel olma durumlarına göre incelenmiş ve kategorileştirilmiştir.

Çizelge 4.12. Görevin açıklayıcı veya işlemsel olması kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Görevin gerektirdiği bilgi türü	Açıklayıcı	27	0,396	[0,124; 0,668]	1,488	1	0,223
	İşlemsel	70	0,589	[0,441; 0,736]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.12’de karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 1,488; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,223 olduğu görülmektedir. Sanal gerçeklik uygulamalarında verilen görevin öğrencilerden açıklayıcı veya işlemsel bilgi gerektirmesi durumunun fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları arasında anlamlı bir fark olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte işlemsel bilgi türünün etki büyüklüğü, açıklayıcı bilgi türünün etki büyüklüğüne kıyasla kısmen daha yüksektir.

Geribildirim moderatörü

Sanal gerçeklik uygulamasının kullanıldığı esnada öğrencilere geribildirim sunulup sunulmaması üzerine bir moderatör analizi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.13. Geribildirim kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Geribildirim	Var	59	0,469	[0,301; 0,638]	0,355	1	0,551
	Yok	33	0,549	[0,349; 0,748]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.13’te karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 0,355; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,551 olduğu görülmektedir. Sanal gerçeklik kullanımı esnasında

öğrencilere geri bildirim verilmesi ve verilmemesi durumlarına göre ortaya çıkan etki büyüklükleri orta düzeyde ve birbirine yakın olup, fen başarısı üzerindeki etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Öğrenci kontrolü moderatörü

Sanal gerçeklik uygulamasını kullanma yetkisinin öğrenciye verilmesi veya araştırmacı/öğretmen tarafından kullanılması durumuna göre meta-analize dahil edilen çalışmalar kategorize edilmiştir. Öğrenci kontrolünün olma ve olmama durumuna göre etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığı sorusuna cevap aranmıştır.

Çizelge 4.14. Öğrenci kontrolü kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Öğrenci kontrolü	Var	84	0,531	[0,391; 0,671]	0,039	1	0,844
	Yok	12	0,492	[0,129; 0,855]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.14'te karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 0,039; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,844 olduğu görülmektedir. Sanal gerçeklik uygulamasının/aracının kontrolünün öğrencide bulunması ve bulunmaması durumlarına göre kategorize edilen çalışmaların fen başarısı üzerindeki etki büyüklükleri orta düzeydedir ve aralarında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır.

Öğretimin modu moderatörü

Bu moderatörde sunum, uygulama ve bağımsız kullanım olmak üzere 3 kategori belirlenmiştir. Sanal gerçeklik uygulamasının öğretimde teorik kısmın sunumunu yapma amacıyla mı, bir dersin teorik kısmı verildikten sonra uygulama yapma amacıyla mı yoksa ikisinden de farklı olarak bir konuyla ilgili geliştirilen sanal gerçekliğin bağımsız olarak verilmesi amacıyla mı kullanıldığına göre meta-analize dahil edilen çalışmalar kategorilere ayrılmıştır.

Çizelge 4.15. Öğretimin modu kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Öğretimin modu	Bağımsız kullanım	29	0,522	[0,329; 0,714]	1,421	2	0,491
	Sunum	13	0,306	[-0,126; 0,737]			
	Uygulama	56	0,587	[0,408; 0,765]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.15 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 1,421; serbestlik derecesinin 2 ve p değerinin 0,491 olduğu görülmektedir. Meta-analize dahil edilen çalışmalarda sanal gerçekliğin kullanıldığı öğretim moduna göre fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları; sunum için 0,306 olarak en düşük, uygulama için 0,587 ve bağımsız kullanım için 0,522 olmak üzere birbirine yakın çıkmıştır. Ancak p değerinin 0,491 çıkması sebebiyle ortalama etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Çevreleme araçları moderatörü

Sanal gerçeklikte kullanılan teknolojinin kişiyi çevreleme durumuna göre analize alınan çalışmalar, bu çevrelemenin derecesini ayarlayan araçlara göre kategorilere ayrılmıştır. CAVE odası ve anatomi masası kullanan iki çalışma frekanslarının 1 olmasından ötürü analiz dışında tutulmuştur. Çevreleme araçları olarak monitör tabanlı olanlar 2 boyutlu görüntü araçları olarak; HMD ve gözlük gibi çevreleme derecesini artıran araçlar ise giyilebilir teknoloji olarak kodlanmıştır.

Çizelge 4.16. Çevreleme durumu kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q_B	sd	p
Çevreleme	2 boyutlu görüntü araçları	71	0,575	[0,421; 0,728]	0,984	1	0,321
	Giyilebilir teknoloji	25	0,435	[0,207; 0,664]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.16 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 0,984; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,321 olduğu görülmektedir. Sanal gerçeklik uygulamalarında çevreleyicilik için kullanılan 2 farklı kategorideki araçların fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları orta düzeyde olup aralarında anlamlı bir fark olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Öğrenme ortamı moderatörü

Sanal gerçeklik meta-analizine dahil edilen çalışmaların yürütüldüğü öğrenme ortamları; büyük bir kısmı sınıfta olmak üzere, bir kısmı uzaktan, bir tanesi CAVE odasında ve bir

tanesi de okul dışı öğrenme ortamı olarak belirlenmiştir. CAVE odası ve okul dışı öğrenme ortamının frekansı 1 olduğu için analiz dışında bırakılmıştır.

Çizelge 4.17. Öğrenme ortamı kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Öğrenme ortamı	Sınıf	92	0,562	[0,427; 0,697]	36,378	1	0,000
	Uzaktan	4	-0,001	[-0,125; 0,123]			

$p < 0,05$

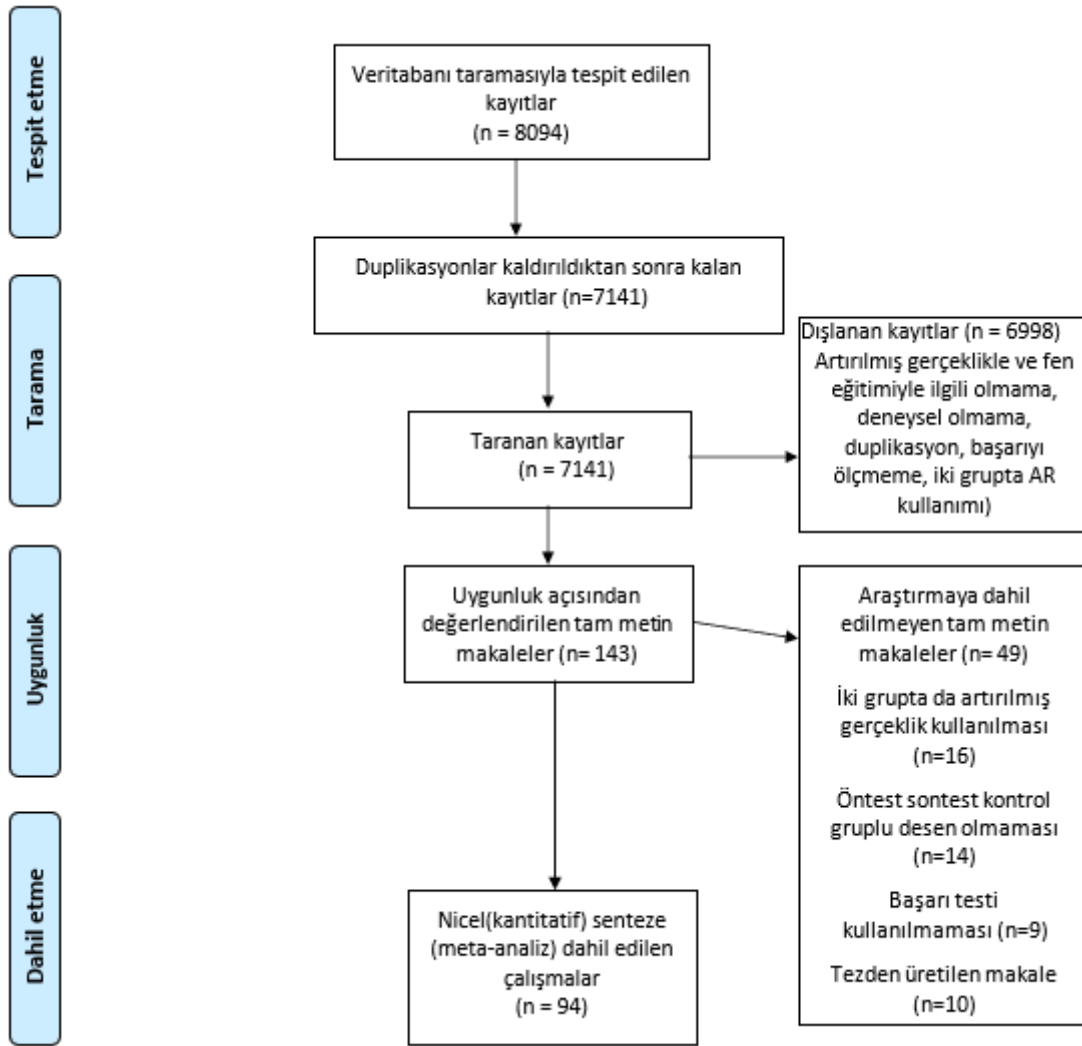
Çizelge 4.17’de karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 36,378; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,000 olduğu görülmektedir. Sınıf içinde gerçekleştirilen sanal gerçeklik uygulamalarının fen başarısına etkisine yönelik etki büyüklüğü değeri 0,562; uzaktan bağlanarak sanal gerçeklik etkinliği yürüten çalışmaların etki büyüklüğü değeri ise -0,001 olarak negatif çıkmıştır. Elde edilen p değeri 0,000 olduğu için gruplar arası anlamlı farklılık vardır ve öğrenme ortamının sınıf olarak seçildiği durumlarda sanal gerçekliğin fen başarısına etkisi orta düzeydedir.

4.2. Fen Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Kullanımının Akademik Başarıya Olan Etkisine Yönelik Yapılan Meta-Analizin Sonuçları

Bu bölümde fen eğitiminde artırılmış gerçeklik kullanımı ile ilgili PRISMA akış şemasına, betimsel özelliklere, genel etki büyüklüğü değerine ve moderatör analizlerine yer verilmiştir.

4.2.1. PRISMA akış şeması

Şekil 4.10’daki akış şemasında, artırılmış gerçeklikle ilgili veri tabanlarında yapılan tarama sonucunda belirlenen, dahil edilen ve hariç tutulan kayıtların sayısı ve hariç tutma nedenleri haritalandırılmıştır.



Şekil 4.10. Artırılmış gerçeklik PRISMA akış şeması

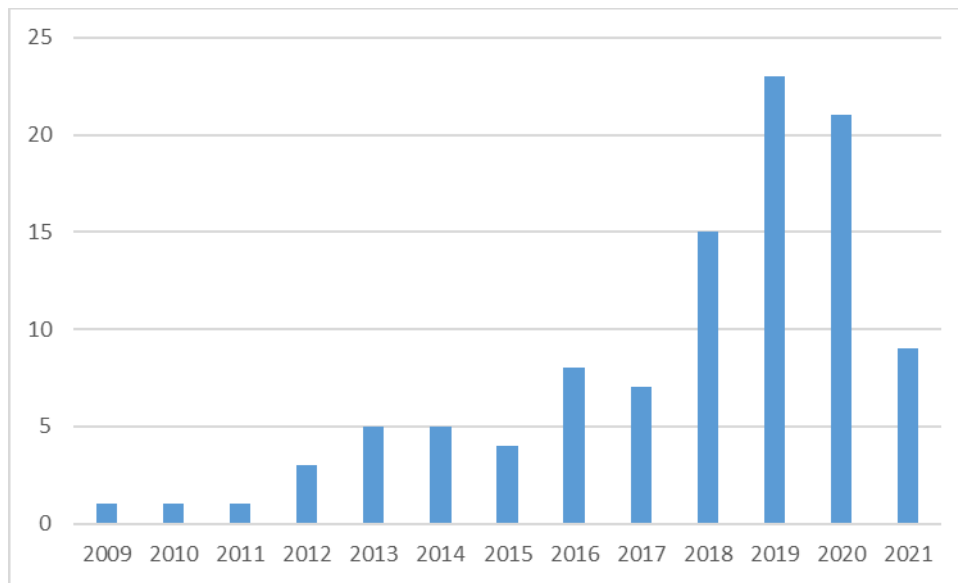
Veri tabanlarından ilk taramada ulaşılan 8094 çalışma belirlenen kriterlere göre irdelendiğinde fen eğitiminde artırılmış gerçeklik uygulamasının akademik başarıya etkisini inceleyen 94 çalışma ve bu 94 çalışmadan elde edilen 100 farklı etki büyüklüğü meta-analize dahil edilmiştir.

4.2.2. Fen eğitiminde artırılmış gerçeklik kullanılan çalışmaların betimsel özellikleri

Bu bölümde meta-analize dahil edilen artırılmış gerçeklik ile ilgili çalışmaların betimsel özelliklerine yer verilmiştir.

Yıllara göre çalışma sayısı

Artırılmış gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen çalışmaların yıllara göre dağılımına ilişkin bilgi Şekil 4.11’de verilmiştir.

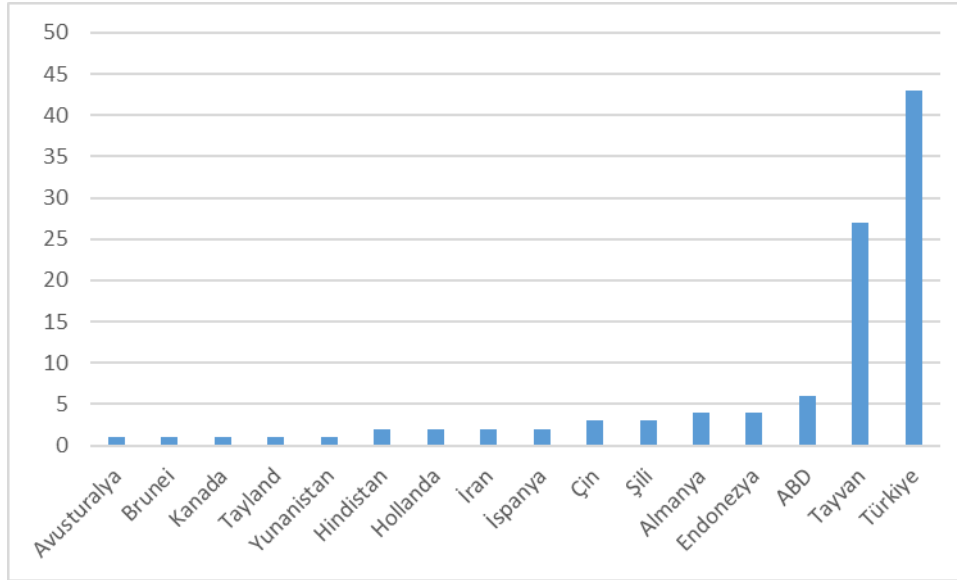


Şekil 4.11. Artırılmış gerçeklikte yıllara göre çalışma sayısı

Fen alanında artırılmış gerçeklik çalışmalarının 2010’dan önce başladığı, özellikle 2018 yılında ve sonrasında çalışma sayılarının arttığı görülmektedir. 2017’de 7 olan çalışma sayısı 2018’de 15 ve 2019’da 23 olarak artmaya devam etmiştir

Ülkelere göre yayın sayıları

Artırılmış gerçeklik uygulamalarının fen başarısına etkisinin incelendiği ve meta-analize dahil edilen 94 yayının yapıldığı ülkelerin dağılımı Şekil 4.12’de verilmiştir.

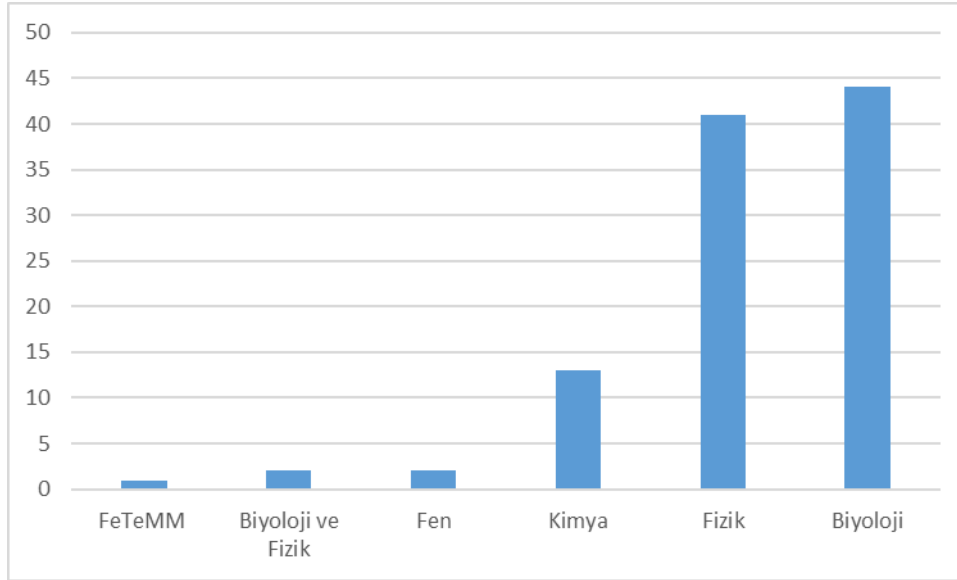


Şekil 4.12. Artırılmış gerçeklikte ülkelere göre yayın sayıları

Artırılmış gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen araştırmalar 16 ülkede yapılmış olup yayın sayısının en fazla Türkiye’de ($n=43$) olduğu, ikinci sırada Tayvan ($n=27$) ve üçüncü sırada ABD ($n=6$) olduğu görülmektedir. Türkçe dilinde yazılan araştırmaların meta-analize dahil edilmesinin bu bulgu üzerinde etkisi bulunmaktadır.

Disiplin

Artırılmış gerçeklik uygulamasının fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen 94 araştırmanın disiplinlere göre dağılım grafiği Şekil 4.13’te verilmiştir.

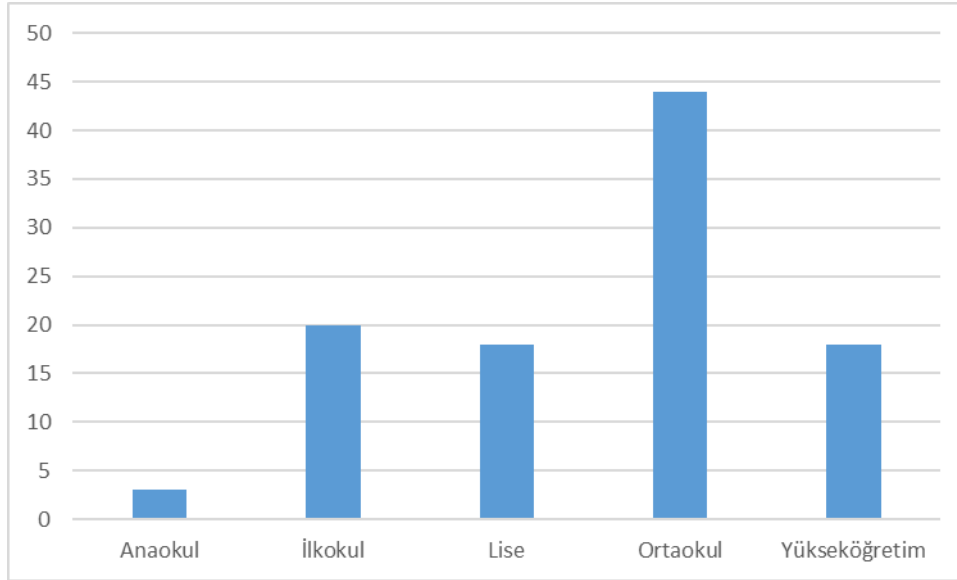


Şekil 4.13. Artırılmış gerçeklikte disipline göre çalışma sayıları

Artırılmış gerçeklikle ilgili yayınların en çok biyoloji dersine yönelik yapıldığı, daha sonra fizik ve kimya derslerinde uygulandığı görülmektedir. Temel fen bilimleri olarak 2 uygulama, birleştirilmiş olarak biyoloji ve fizik dersine yönelik 2 uygulama ve son olarak STEM uygulamalarına yönelik 1 uygulama olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

Okul düzeyine göre yayın sayıları

Artırılmış gerçeklik uygulamasının fen başarısına etkisini inceleyen meta-analize dahil edilen araştırmaların okul düzeyi değişkenine göre dağılım grafiği Şekil 4.14'te verilmiştir.

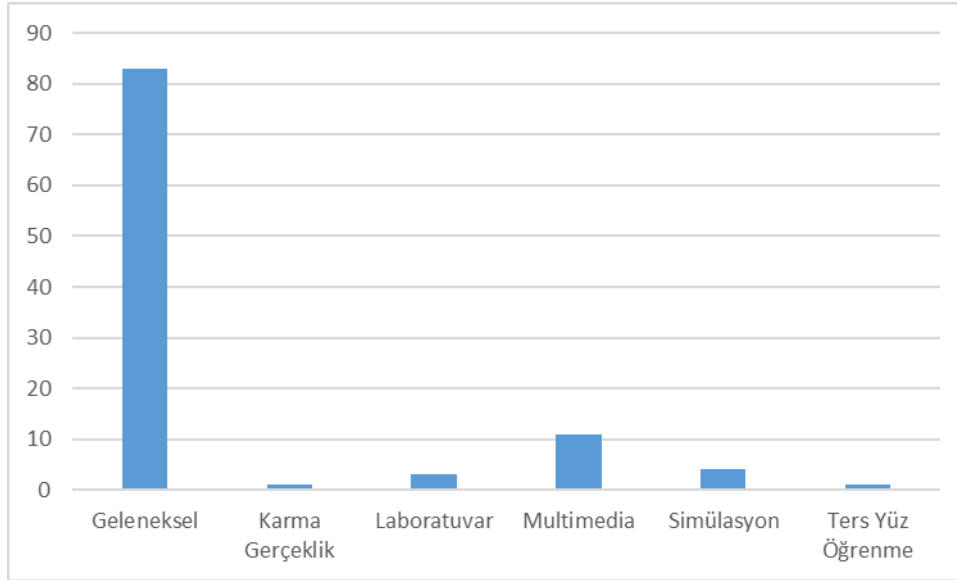


Şekil 4.14. Artırılmış gerçeklikte okul düzeyine göre çalışma sayıları

Artırılmış gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen çalışma sayısının en fazla ortaokulda yapıldığı ($n=44$), daha sonra sırasıyla ilkokul ($n=20$), lise ve yükseköğretim ($n=18$) ve son olarak anaokulunda ($n=3$) yapıldığı görülmektedir.

Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç

Fen başarısında artırılmış gerçeklik uygulamasının etkisini araştıran meta-analize dahil edilen çalışmaların kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç değişkenine göre dağılım grafiği Şekil 4.15'te verilmiştir.

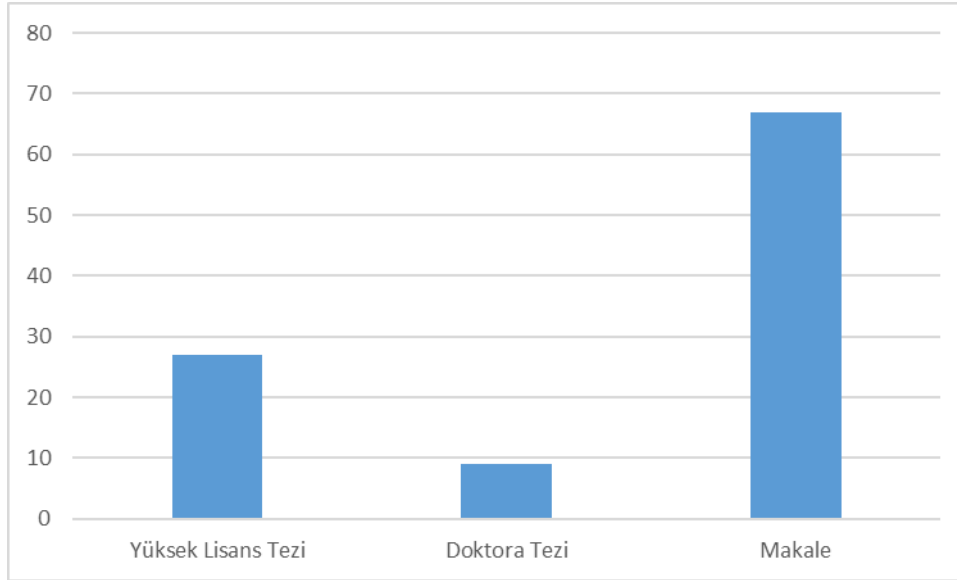


Şekil 4.15. Artırılmış gerçeklikte kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç

Artırılmış gerçeklikle ilgili yapılan deneysel çalışmalarda kontrol grubuna en çok geleneksel yöntemin uygulandığı, daha sonra farklı multimedya araçlarının, simülasyon uygulamasının, fiziki laboratuvar yönteminin, karma gerçeklik ve ters yüz öğrenmenin kullanıldığı görülmektedir.

Yayın türü

Fen başarısında artırılmış gerçeklik uygulamasının etkisini araştıran ve meta-analize dahil edilen çalışmaların yayın türü değişkenine göre dağılım grafiği Şekil 4.16'da verilmiştir.



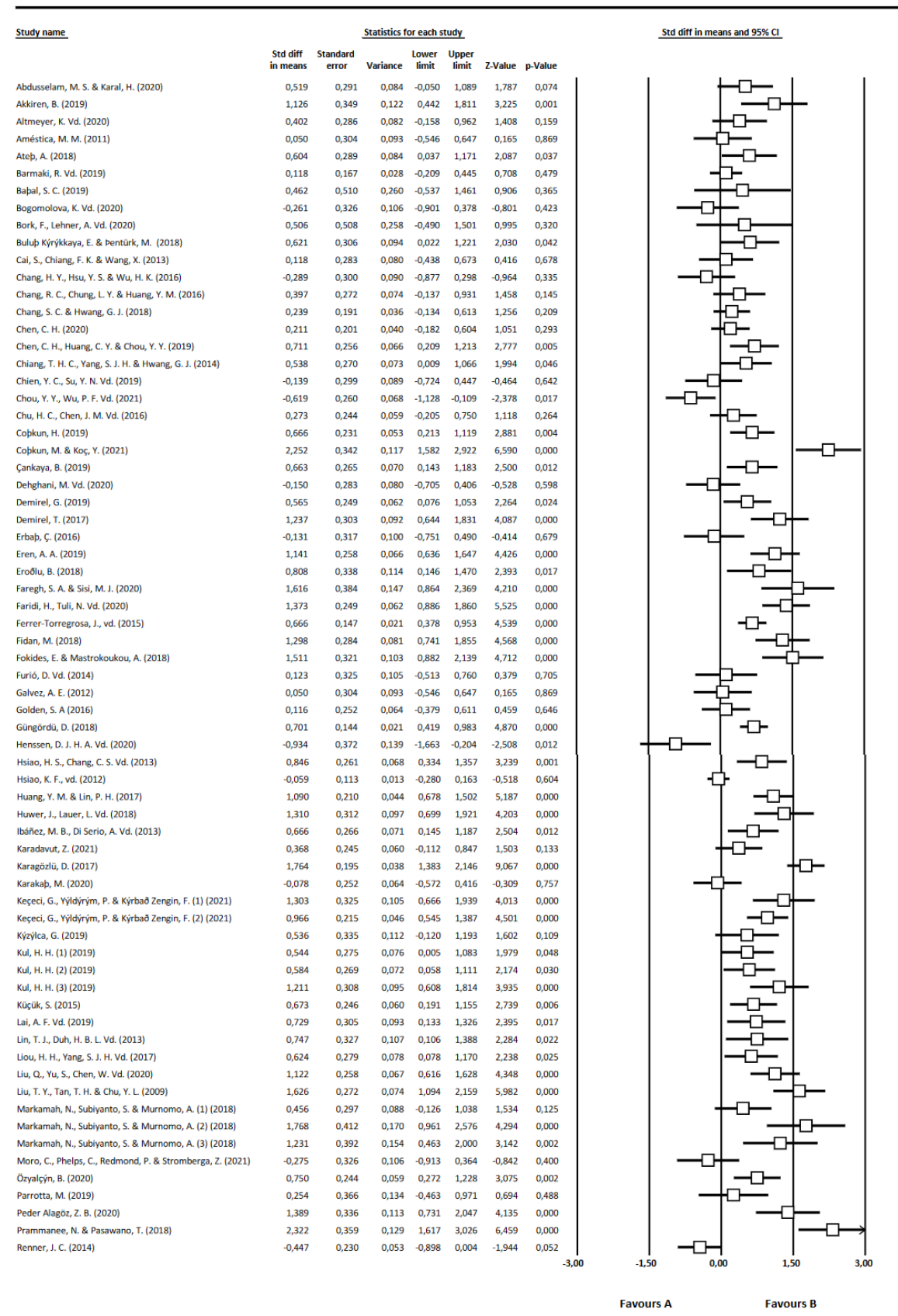
Şekil 4.16. Artırılmış gerçeklikte yayın türüne göre çalışma sayısı

Artırılmış gerçekliğin kullanıldığı çalışmalarda en fazla yayın türünün makale olduğu, ikinci sırada yüksek lisans tezinin olduğu ve son sırada da doktora tezi olduğu bulgusuna ulaşılmıştır.

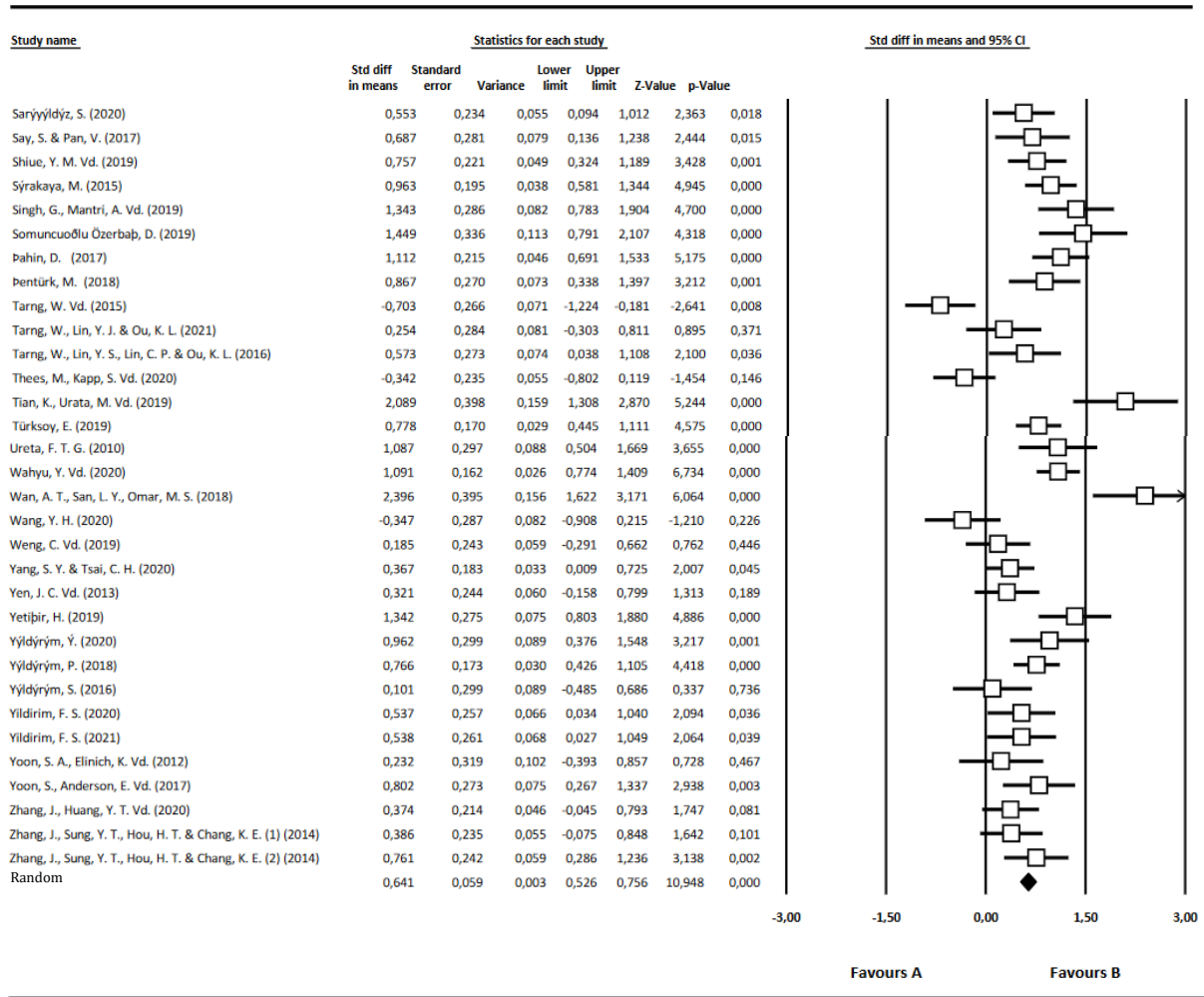
4.2.3. Genel etki büyüklüğü

Artırılmış gerçeklik kullanımı fen başarısı üzerinde nasıl bir etkiye sahiptir?” alt problemine cevap bulmak için meta-analize dahil edilen çalışmaların her birinin etki büyüklüğü ve tüm çalışmaların bir araya getirilmesiyle genel etki büyüklüğü hesaplanmıştır. Artırılmış gerçeklik kullanımının fen başarısına etkisinin incelendiği 94 çalışma meta-analize dahil edilmiştir. Bu çalışmalardan 100 farklı etki büyüklüğü değerine ulaşılmıştır.

Şekil 4.17’de etki büyüklüğü ve güven aralığına ilişkin nokta tahminleri orman grafiği formatında gösterilmektedir. Şekilde bulunan listenin sol tarafında çalışmaya dahil edilen yayınların isimleri, bireysel etki büyüklükleri, standart hataları, varyansları, güven aralıkları, z değerleri, anlamlılık değerleri, örneklem sayıları gibi istatistikler yer alırken; sağ tarafında -4, +4 etki büyüklüğü aralığında standartlaştırılmış ortalamalar arası farka ilişkin görselleştirme yer almaktadır.



Şekil 4.17. Artırılmış gerçeklik orman grafiği



Şekil 4.17. (Devamı)

Uygulanan müdahalelerin pratikteki anlamlılığını bulmak, tek bir çalışmanın etki büyüklüğünü hafife almamak veya olduğundan fazla göstermemek, yapılacak tahminin duyarlılığını ve çalışmaların istatistiksel gücünü artırmak için genel etki büyüklüğünü incelemek gerekmektedir. Artırılmış gerçeklikle yapılan ve analize dahil edilen 94 çalışmadan elde edilen 100 etki büyüklüğünün birleştirilmesiyle elde edilen rastgele etkiler modeline göre genel etki büyüklüğüne ilişkin veri Çizelge 4.18’de sunulmuştur.

Rasgele etkiler modeline göre hesaplanan verilerin yer aldığı Çizelge 4.18 incelendiğinde artırılmış gerçeklik uygulamalarının fen başarısı üzerinde etki büyüklüğünün 0,641 olduğu görülebilir ($Z=10,948$, $p < 0,05$). Bu değer, artırılmış gerçekliğin fen başarısı üzerinde orta büyüklükte bir etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Güven aralıkları için alt limit 0,526; üst limit ise 0,756 bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Rastgele etkiler modeline göre artırılmış gerçeklik genel etki büyüklüğü

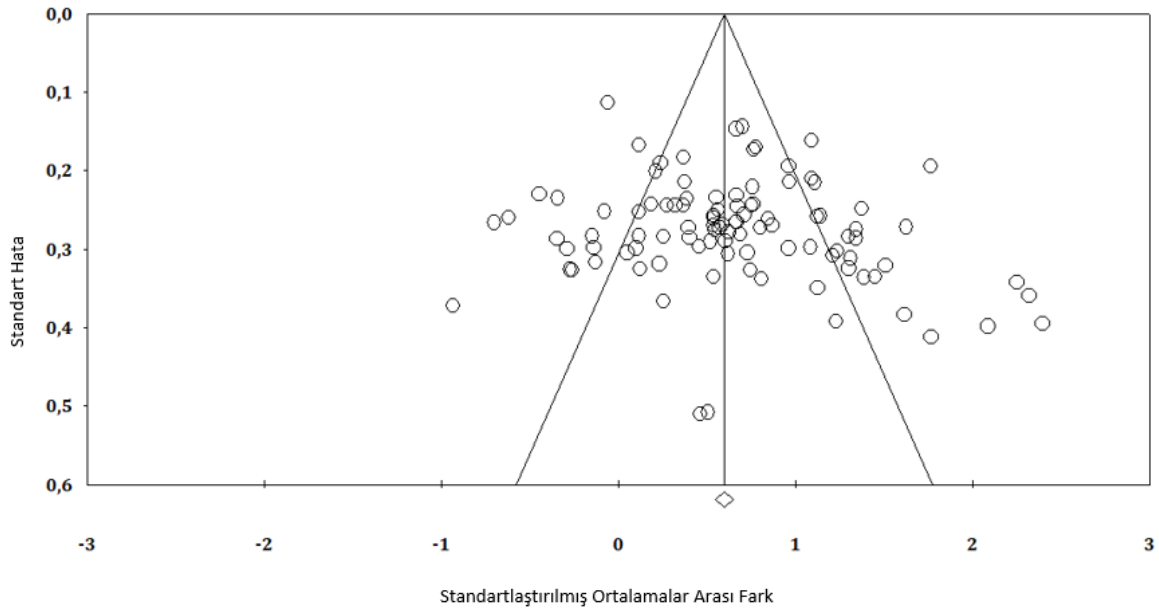
Model	Cohen's d	Standart Hata	Varyans	Alt Limit	Üst Limit	Z	p
Rastgele Etkiler	0,641	0,059	0,003	0,526	0,756	10,948	0,000

4.2.4. Yayım yanlılığı analizleri

Bu bölümde Şekil 4.18'de huni grafiği ve buna ek olarak Rosenthal'in güvenli N değeri, Orwin'in güvenli N değeri ve Begg ve Mazumdar'ın sıra korelasyonu testlerine ait sonuçlar sunulmuştur. Huni grafiği incelendiğinde piramidin üst kısmında çalışmaların sıklaştığı ve genel olarak simetrik bir görünüm sunduğu görülebilir. Çalışmaların üst kısımda sıklaşması, standart hatalarının düşük olduğunu göstermektedir. Ancak huni grafiğindeki simetriyi yorumlamak öznel ve asimetrinin olması, yayım yanlılığı olduğunun kesin kanıtı olarak gösterilemez (Sterne ve Harbord, 2004). Bu sebeple yayım yanlılığını değerlendirme amacıyla diğer testlere de başvurulmuştur.

Yayım yanlılığın tespitinde Rosenthal'in güvenli N değeri kullanılmıştır. Güvenli N değeri, elde edilen etki büyüklüğü değerinin istatistiksel olarak anlamlı olmayan hale getirilmesi için gerekli olan çalışma sayısını verir. Güvenli N değeri veri seti için $N_R=4813$ olarak bulunmuştur. $N_R > 5k+10$ olduğunda meta-analizin yayım yanlılığının düşük olduğu yorumu yapılabilir (Rosenthal, 1995). $k=100$ olduğu için $4813>510$ sonucu elde edilir ve yayım yanlılığı düşüktür denilebilir.

Orwin'in güvenli N yöntemi de etki büyüklüğü değerinin önemsiz bir değere çekilmesi için gerekli olan yayımlanmamış çalışma sayısını belirtir. Etki büyüklüğü değerini 0,0001 gibi önemsiz sayılabilecek bir değere çektiğimizde, etki büyüklüğü değerini 0,0001'in altına düşürmek için gerekli olan yayımlanmamış çalışma sayısı 7783 olarak çıkmaktadır. Mevcut durumda literatürde artırılmış gerçekliğin fen başarısını deneysel olarak ölçen 7783 tane daha çalışma bulunamayacağı için yayım yanlılığı olasılığının düşük olduğunu söylenebilir.



Şekil 4.18. Artırılmış gerçekliğe ait huni grafiği

Begg ve Mazumdar'ın sıra korelasyonu testi ise etki büyüklüklerinin standart değerleri ile varyansları arasındaki Kendall's tau değerlerinin hesaplanması prensibine dayanan bir yayım yanlılığı testidir (Şen ve Yıldırım, 2020). Artırılmış gerçekliğe dahil edilen çalışmalar için Begg ve Mazumdar sıra korelasyonu testinden elde edilen bulgular şu şekildedir; Kendall tau değeri 0,095; tau değerinin z istatistiği 1,408 ve bu değerler için çift kuyruklu p değeri 0,158'dir. İstatistiksel olarak anlamlı bir p değeri olmadığı için artırılmış gerçeklik veri setinde yayım yanlılığı düşüktür denilebilir.

4.2.5. Çalışmalar arası heterojenlik durumu

Meta-analize dahil ettiğimiz çalışmaların etki büyüklüklerinin ne ölçüde değiştiğini bulmak amacıyla heterojenlik analizleri yapılmaktadır. Burada heterojenlik durumuna ilişkin Çizelge 4.19'da Cochran Q-istatistiği ve I^2 değerine yer verilmiştir. Orman grafiği de (Şekil 4.17) heterojenlik hakkında ipuçları vermektedir.

Q-istatistiği ki-kare dağılımına sahiptir. Bu sebeple elde edilen değer ki-kare tablosunda yer alan kritik değerle karşılaştırılmasını gerektirir. k burada meta-analize dahil edilen çalışma sayısını göstermektedir. 99 serbestlik derecesi $\alpha=0,05$ düzeyinde kritik Q değeri 123,225'tir. Çalışmada elde edilen 508,868 değeri, kritik Q değerinden büyük olduğu için ($508,868 > 123,225$), mevcut veri setinde istatistiksel olarak anlamlı bir heterojenlik olduğu

söylenbilir. Bu veri seti için I^2 değeri ise 80,545 bulunmuştur. Şekil 4.17'deki karma gerçekliğe ait orman grafiğinde çalışmaların güven aralıklarının az kesişmesi ve bireysel etki büyüklüğü değerlerinin elmasın sağ ve sol tarafında saçılması durumları da heterojenlik hakkında ipuçları vermektedir.

Çizelge 4.19. Artırılmış gerçeklik meta-analizine dahil edilen çalışmalar arasındaki heterojenlik durumu

Model	k	Q	df	p	I^2
Rastgele Etkiler	100	508,868	99	0,000	80,545

4.2.6. Moderatör analizleri

Bu bölümde çalışmalar arası heterojenliğin kaynağını belirlemeye yardımcı olabilecek metodolojik ve konunun yapısına uygun olan değişkenler moderatör olarak belirlenerek yapılan analizlere ilişkin bulgular sunulmuştur. Yayın türü, desen, okul düzeyi, sınıf düzeyi, disiplin, artırılmış gerçekliğin özelliği, kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç, veri toplama aracının özelliği, görevin bireysel veya işbirlikli olması, görevin açıklayıcı veya işlemsel bilgi gerektirmesi, öğretim modu, kullanılan görüntüleme aracı ve öğrenme ortamı moderatör olarak belirlenmiştir.

Yayın türü moderatörü

Yayın türü moderatöründe meta-analize dahil edilen çalışmalar makale, yüksek lisans tezi ve doktora tezi olmak üzere üç kategoride incelenmiştir. Artırılmış gerçekliğin kullanıldığı yayınların makale, yüksek lisans tezi veya doktora tezi olmasına göre çalışmaların etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı sorusuna cevap aranmıştır.

Çizelge 4.20'de karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 1,332; serbestlik derecesinin 2 ve p değerinin 0,514 olduğu görülmektedir. Alt gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır. Makale, yüksek lisans tezi ve doktora tezi olarak üretilmiş artırılmış gerçekliğin fen başarısına etkisini ölçen çalışmaların etki büyüklükleri arasında heterojenlik testi sonucu anlamlı bir fark çıkmamıştır.

Çizelge 4.20. Yayın türü kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Yayın türü	Doktora tezi	9	0,508	[0,119; 0,897]	1,332	2	0,514
	Makale	64	0,635	[0,475; 0,795]			
	Yüksek lisans tezi	27	0,717	[0,585; 0,850]			

(k=çalışma sayısı, d=ortalama etki büyüklüğü, GA=güven aralığı, Q_B=gruplar arası homojenlik, sd=serbestlik derecesi)

p > 0,05

Araştırma deseni moderatörü

Meta-analize dahil edilen deneysel çalışmaların desene göre gruplandırılması sonucu, ortaya çıkan etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığına ilişkin moderatör analizi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.21. Çalışmanın deseni kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Desen	Gerçek deneysel	6	0,646	[-0,093; 1,385]	0,000	1	0,987
	Yarı deneysel	94	0,640	[0,524; 0,755]			

p > 0,05

Çizelge 4.21 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 0,000; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,987 olduğu görülmektedir. Artırılmış gerçeğin kullanıldığı çalışmalarda uygulanan desene göre oluşturulan grupların fen başarısı bağlamında genel etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur.

Okul düzeyi moderatörü

Okul düzeyinde kategoriler ilkokul, ortaokul, lise ve yükseköğretim şeklinde kodlanmıştır. Artırılmış gerçeğin uygulandığı okul düzeyine göre çalışmaların etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı incelenmiştir.

Çizelge 4.22’de karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 19,570; serbestlik derecesinin 3 ve p değerinin 0,000 olduğu görülmektedir. Alt gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı

bir farklılık bulunmaktadır. Okul düzeyi gruplarının etki büyüklüklerine bakıldığında en yüksek etki büyüklüğe değerine ortaokul düzeyinin sahip olduğu ($d=0,891$), lisenin ($d=0,519$) orta etki büyüklüğüne, ilkokul ($d=0,404$) ve yükseköğretimin ($d=0,339$) küçük etki büyüklüğüne sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.22. Okul düzeyi kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Okul düzeyi	İlkokul	20	0,404	[0,168; 0,641]	19,570	3	0,000
	Ortaokul	43	0,891	[0,736; 1,045]			
	Lise	17	0,519	[0,164; 0,873]			
	Yükseköğretim	17	0,339	[0,082; 0,597]			

$p < 0,05$

Ortaokul sınıf düzeyi moderatörü

Ortaokul sınıf düzeyleri 6, 7 ve 8. sınıf ve bu üç sınıfa karışık biçimde uygulama olmak üzere 4 kategoride kodlanarak moderatör analizi gerçekleştirilmiştir. Artırılmış gerçekliğin ortaokulda uygulandığı sınıf düzeyine göre etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı sorusuna cevap aranmıştır.

Çizelge 4.23. Ortaokul sınıf düzeyi kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Ortaokul sınıf	6. sınıf	13	0,948	[0,743; 1,153]	6,213	3	0,102
	7. sınıf	22	0,941	[0,690; 1,191]			
	8. sınıf	4	0,935	[0,141; 1,528]			
	Karışık	4	0,554	[0,291; 0,818]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.23 incelendiğinde 6. sınıftan 13 çalışma, 7. sınıftan 22 çalışma, 8. sınıftan 4 çalışma ve karışık (6, 7 ve 8. sınıflar birlikte) sınıflardan 4 çalışma olduğu; 6, 7 ve 8. sınıflar için ortalama etki büyüklüğünün yüksek ve birbirine yakın olduğu, karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 6,213; serbestlik derecesinin 3 ve p değerinin 0,102 olduğu

görülebilir. Bu sonuçlara göre ortaokulda uygulanan artırılmış gerçeklik uygulamalarının fen başarısına olan etkisinin sınıf düzeylerine göre gruplaşması sonucu ortaya çıkan ortalama etki büyüklükleri açısından anlamlı bir farklılık olmadığı söylenebilir.

Disiplin moderatörü

Fizik, kimya ve biyoloji olarak kategorilere ayrılan yayınlara moderatör analizi yapılmış ve artırılmış gerçekliğin geliştirildiği disipline göre ortaya çıkan ortalama etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığı incelenmiştir. STEM ve temel fen gibi kategoriler bulunsa da frekansları 2 ve altında olduğu için analizden çıkarılmıştır.

Çizelge 4.24. Disiplin kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonuçları

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Disiplin	Biyoloji	42	0,442	[0,275; 0,609]	7,279	2	0,026
	Fizik	41	0,745	[0,577; 0,913]			
	Kimya	13	0,774	[0,440; 1,108]			

$p < 0,05$

Çizelge 4.24 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 7,279; serbestlik derecesinin 2 ve p değerinin 0,026 olduğu görülmektedir. Bu durum, alt gruplar açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir. Artırılmış gerçeklik kullanımı 3 disiplin açısından da fen başarısını artırmada etkiliyken, özellikle kimya ve fizik derslerinde kullanımının fen başarısına olan ortalama etki büyüklüğü 0,774 ve 0,745 ile en büyük değerlere sahiptir.

Kullanılan artırılmış gerçekliğin özelliği moderatörü

Kullanılan artırılmış gerçeklik teknolojisinin işaretçi tabanlı veya lokasyon tabanlı olmasının fen başarısına olan etki büyüklüğü arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı sorusuna cevap aramak amacıyla yayınlar bu iki değişkene göre kodlanmıştır.

Çizelge 4.25'te karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 0,145; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,703 olduğu görülmektedir. Alt gruplar açısından istatistiksel olarak anlamlı

bir fark yoktur. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin işaretçi tabanlı veya lokasyon tabanlı olmasına göre gruplandırılan çalışmaların fen başarısı açısından ortalama etki büyüklükleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Çizelge 4.25. Artırılmış gerçeklik türü kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
AR	İşaretçi tabanlı	81	0,602	[0,481; 0,724]	0,145	1	0,703
Özelliği	Lokasyon tabanlı	10	0,522	[0,126; 0,917]			

$p > 0,05$

Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç moderatörü

Kontrol gruplarına uygulanan yöntem veya araçlara göre meta-analize dahil edilen çalışmaların etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığı test edilmiştir. Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç moderatörü için meta-analize dahil edilen çalışmalar incelenmiş ve alternatif multimedya araçları, geleneksel yöntem ve simülasyon olmak üzere 3 kategori belirlenmiştir. Frekansı 1 ve 2 olanlar analiz dışında bırakılmıştır.

Çizelge 4.26. Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç	Geleneksel yöntem	80	0,701	[0,572; 0,829]	6,635	2	0,036
	Alternatif multimedya araçları	11	0,441	[0,066; 0,816]			
	Simülasyon	4	0,282	[-0,040; 0,603]			

$p < 0,05$

Çizelge 4.26 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 6,635; serbestlik derecesinin 2 ve p değerinin 0,036 olduğu görülmektedir. Alt gruplar açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Kontrol grubunda uygulanan yöntem veya araca göre artırılmış gerçekliğin fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları geleneksel yöntem için 0,701; alternatif multimedya araçları için 0,441 ve simülasyon için 0,282 değerindedir. Kontrol gruplarına geleneksel yöntem uygulandığında artırılmış gerçekliğin fen başarısını artırmada daha etkili olduğu görülmektedir.

Veri toplama aracının durumu moderatörü

Artırılmış gerçeklikte ele alınan çalışmalarda fen başarısı ölçmek için kullanılan ölçme araçlarının standart bir test olması veya araştırmacı/uygulayıcı öğretmen tarafından geliştirilmesi durumlarına göre moderatör analizi gerçekleştirilmiştir. Kullandığı test hakkında bilgi vermeyen 2 çalışma analiz dışında bırakılmıştır.

Çizelge 4.27. Veri toplama aracı kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	QB	sd	p
Veri toplama aracı	Araştırmacının/öğretmenin geliştirdiği	80	0,706	[0,579; 0,833]	7,162	1	0,007
	Standartlaştırılmış test	18	0,317	[0,062; 0,572]			

$p < 0,05$

Çizelge 4.27 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 7,162; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,007 olduğu görülmektedir. Meta-analize dahil edilen yayınlarda kullanılan ölçme aracının özelliğine göre artırılmış gerçeklik uygulamasının fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları, araştırmacının/uygulayıcı öğretmenin geliştirdiği testler için 0,706 ve standart testler için 0,317'dir. Elde edilen p değeri 0,05'ten küçük olduğu için kategorilere ayrılarak değerlendirilen 2 gruba ait çalışmaların fen başarısı açısından ortalama etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark vardır ve bu, araştırmacının/öğretmenin geliştirdiği testleri kullanan çalışmalar lehinedir.

Artırılmış gerçeklikte öğrencilere verilen görevin bireysel veya işbirlikli olması moderatörü

Artırılmış gerçeklik uygulamalarında öğrencilere verilen görevin bireysel olarak ya da işbirlikli bir çalışma ile tamamlanması durumu moderatör olarak belirlenmiştir. Meta-analize dahil edilen çalışmalar da bu duruma göre kategorilere ayrılmış, bilgi verilmeyen yayınlar çıkarılmış ve analiz gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.28. Görevin bireysel veya işbirlikli olması kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Görevin bireysel veya işbirlikli olarak tamamlanması	Bireysel	61	0,529	[0,391; 0,667]	1,462	1	0,227
	İşbirlikli	30	0,681	[0,478; 0,884]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.28’de karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 1,462; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,227 olduğu görülmektedir. Artırılmış gerçeklik uygulamalarında verilen görevin bireysel veya işbirlikli olarak gerçekleştirilmesinin fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları arasında anlamlı bir fark olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Artırılmış gerçeklikte öğrencilere verilen görevin gerektirdiği bilgi türü moderatörü

Ele alınan çalışmalar, öğrencilerin artırılmış gerçeklikte tamamladıkları görevlerin gerektirdiği bilgi türleri açıklayıcı veya işlemsel olma durumlarına göre incelenmiş ve kategorileştirilmiştir.

Çizelge 4.29. Görevin açıklayıcı veya işlemsel olması kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Görevin gerektirdiği bilgi türü	Açıklayıcı	58	0,677	[0,542; 0,811]	1,332	1	0,248
	İşlemsel	40	0,538	[0,344; 0,732]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.29 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 1,332; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,248 olduğu görülmektedir. Artırılmış gerçeklik uygulamalarında verilen görevin öğrencilerden açıklayıcı veya işlemsel bilgi gerektirmesi durumunun fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları arasında anlamlı bir fark olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Öğretimin modu moderatörü

Bu moderatörde sunum, uygulama ve bağımsız kullanım olmak üzere 3 kategori belirlenmiştir. Artırılmış gerçeklik uygulamasının öğretimde teorik kısmın sunumunu yapma amacıyla mı, bir dersin teorik kısmı verildikten sonra uygulama yapma amacıyla mı yoksa ikisinden de farklı olarak bir konuyla ilgili geliştirilen artırılmış gerçekliğin bağımsız olarak verilmesi amacıyla mı kullanıldığına göre meta-analize dahil edilen çalışmalar kategorilere ayrılmıştır.

Çizelge 4.30. Öğretimin modu kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Öğretimin modu	Bağımsız kullanım	28	0,479	[0,251; 0,706]	4,330	2	0,115
	Sunum	50	0,734	[0,592; 0,876]			
	Uygulama	20	0,529	[0,269; 0,789]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.30 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 4,330; serbestlik derecesinin 2 ve p değerinin 0,115 olduğu görülmektedir. Meta-analize dahil edilen çalışmalarda artırılmış gerçekliğin hangi öğretim modunda kullanıldığına göre, bu uygulamanın fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları; en büyük sunum modu için 0,722; daha sonra sırasıyla uygulama için 0,529 ve bağımsız kullanım için 0,479 olarak çıkmıştır. Ancak p değerinin 0,115 çıkması sebebiyle ortalama etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Kullanılan görüntüleme aracı moderatörü

Artırılmış gerçeklikte kullanılan teknolojinin görüntüleme aracı olarak monitör tabanlı bir araç kullanması veya çevreleme derecesini artıracak transparan optik sistem kullanması durumuna göre meta-analize dahil edilen çalışmalar kategorilere ayrılmıştır. Bu moderatör hakkında bilgi alınamayan 2 çalışma analiz dışında bırakılmıştır.

Çizelge 4.31. Çevreleme durumu kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Görüntüleme aracı	Monitör tabanlı	95	0,663	[0,546; 0,779]	3,169	1	0,075
	Transparan optik sistem	5	0,181	[-0,336; 0,698]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.31’de karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 3,169; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,075 olduğu görülmektedir. Artırılmış gerçeklik uygulamalarında görüntüleme için kullanılan 2 farklı kategorideki araçların incelenmesi sonucu kategorilere ayrılan çalışmaların fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları arasında anlamlı bir fark olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Öğrenme ortamı moderatörü

Artırılmış gerçeklik meta-analizine dahil edilen çalışmaların yürütüldüğü öğrenme ortamı olası bir moderatör olarak belirlenmiştir. Çalışmaların büyük bir kısmı sınıfta, bir kısmı da okul dışı öğrenme ortamlarında yürütülmüştür.

Çizelge 4.32. Öğrenme ortamı kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Öğrenme ortamı	Sınıf	83	0,641	[0,518; 0,764]	0,000	1	0,991
	Okul dışı	17	0,643	[0,320; 0,966]			

$p > 0,05$

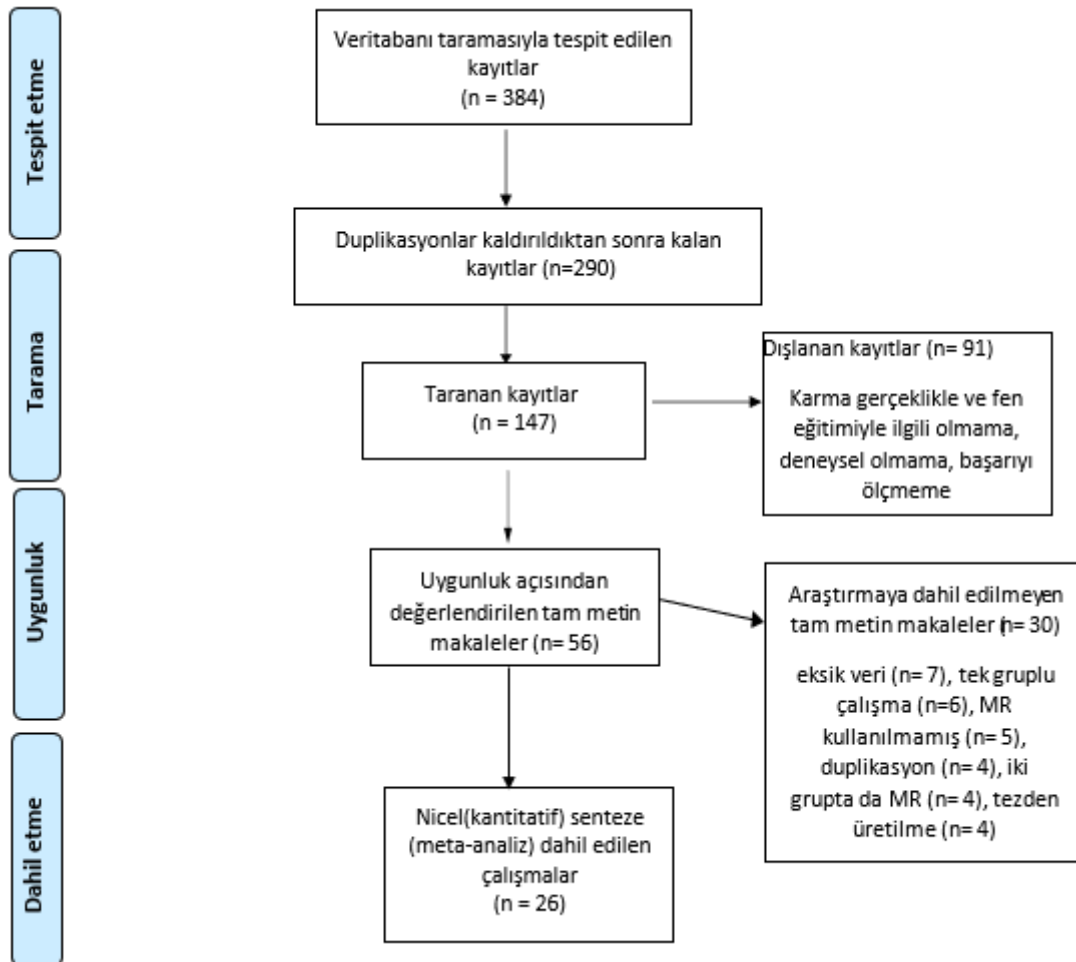
Çizelge 4.32’de karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 0,000; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,991 olduğu görülmektedir. Sınıf içinde gerçekleştirilen artırılmış gerçeklik uygulamalarının fen başarısına etkisine yönelik etki büyüklüğü değeri 0,641; okul dışı ortamlarda yürüten çalışmaların etki büyüklüğü değeri ise 0,643 olarak çıkmıştır. Her iki grup için de etki büyüklüğü değerleri birbirine çok yakın ve orta düzeydedir. Ancak elde edilen p değeri 0,991 olduğu için gruplar arası anlamlı farklılık bulunmamaktadır.

4.3. Fen Eğitiminde Karma Gerçeklik Kullanımının Akademik Başarıya Olan Etkisine Yönelik Yapılan Meta-Analizin Sonuçları

Bu bölümde fen eğitiminde karma gerçeklik kullanımı ile ilgili PRISMA akış şemasına, betimsel özelliklere, genel etki büyüklüğü değerine ve moderatör analizlerine yer verilmiştir.

4.3.1. PRISMA akış şeması

Şekil 4.19'daki akış şemasında, karma gerçeklikle ilgili veri tabanlarında yapılan tarama sonucunda belirlenen, dahil edilen ve hariç tutulan kayıtların sayısı ve hariç tutma nedenleri haritalandırılmıştır.



Şekil 4.19. Karma gerçeklik PRISMA akış şeması

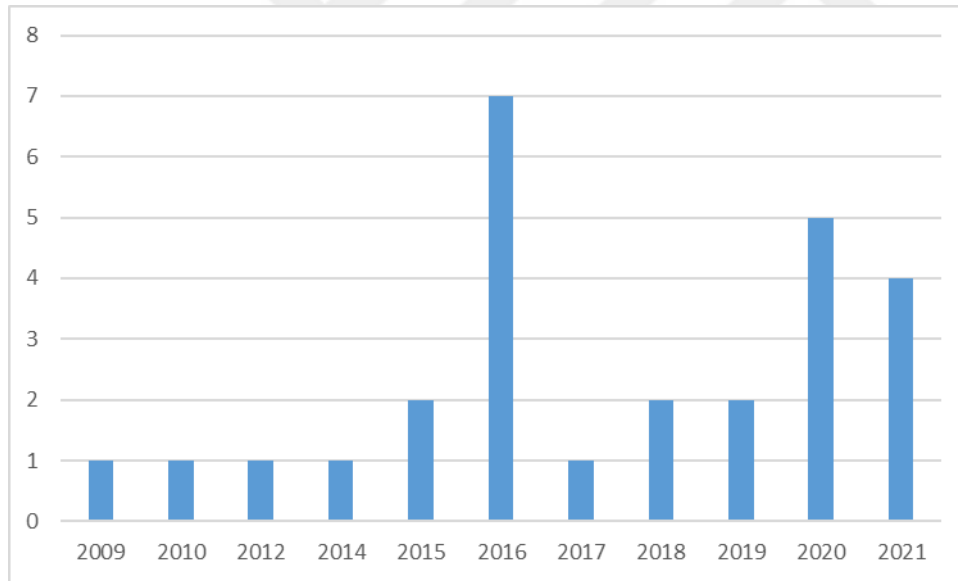
Veri tabanlarından ilk taramada ulaşılan 384 çalışma belirlenen kriterlere göre irdelendiğinde fen eğitiminde karma gerçeklik uygulamasının akademik başarıya etkisini inceleyen 26 çalışma ve bu çalışmalardan elde edilen farklı 27 etki büyüklüğü değeri meta-analize dahil edilmiştir.

4.3.2. Fen eğitiminde karma gerçeklik kullanılan çalışmaların betimsel özellikleri

Bu bölümde meta-analize dahil edilen karma gerçeklik ile ilgili çalışmaların betimsel özelliklerine yer verilmiştir.

Yıllara göre çalışma sayısı

Karma gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen çalışmaların yıllara göre dağılımına ilişkin bilgi Şekil 4.20’de verilmiştir.

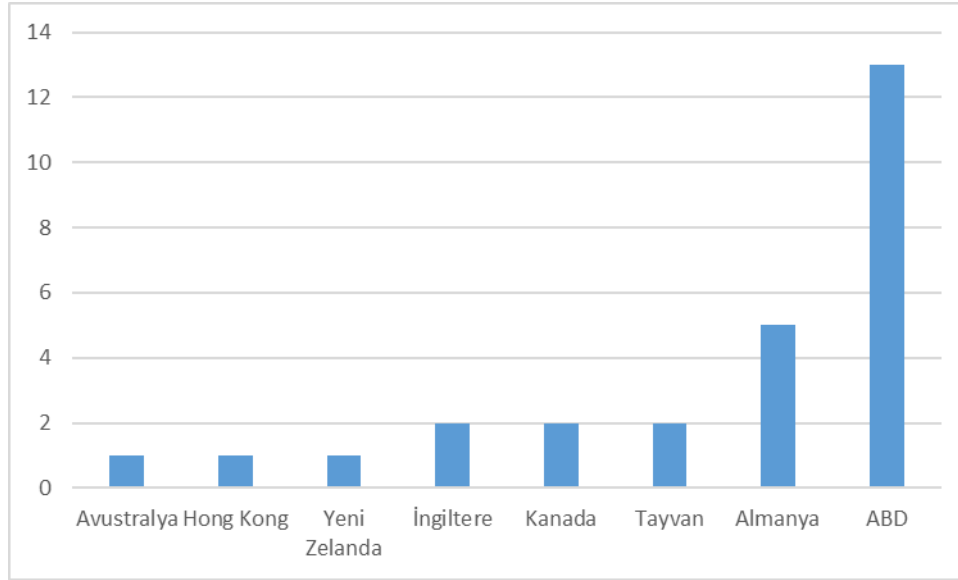


Şekil 4.20. Karma gerçeklikte yıllara göre çalışma sayısı

Fen alanında karma gerçeklik çalışmalarının 2009 yılında çok az da olsa başladığı, 2016 yılında büyük bir artışın ortaya çıktığı ve günümüze kadar yavaş bir şekilde artmaya devam ettiği görülmektedir.

Ülkelere göre çalışma sayıları

Karma gerçeklik uygulamalarının fen başarısına etkisinin incelendiği ve meta-analize dahil edilen yayınların yapıldığı ülkelerin dağılımı Şekil 4.21’de verilmiştir.

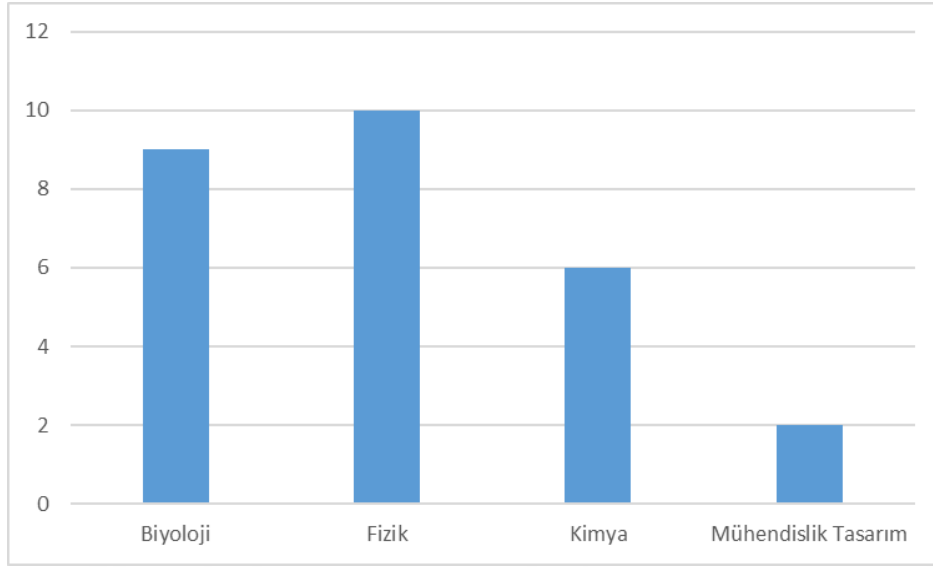


Şekil 4.21. Karma gerçeklikte ülkelere göre çalışma sayıları

Karma gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen araştırmalar 8 ülkede yapılmış olup yayın sayısının en fazla ABD’de olduğu, ikinci sırada Almanya ve üçüncü sırada Tayvan, Kanada ve İngiltere’nin olduğu görülmektedir.

Disiplin

Karma gerçeklik uygulamalarının fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen 26 yayının disiplinlere göre dağılım grafiği Şekil 4.22’de verilmiştir.

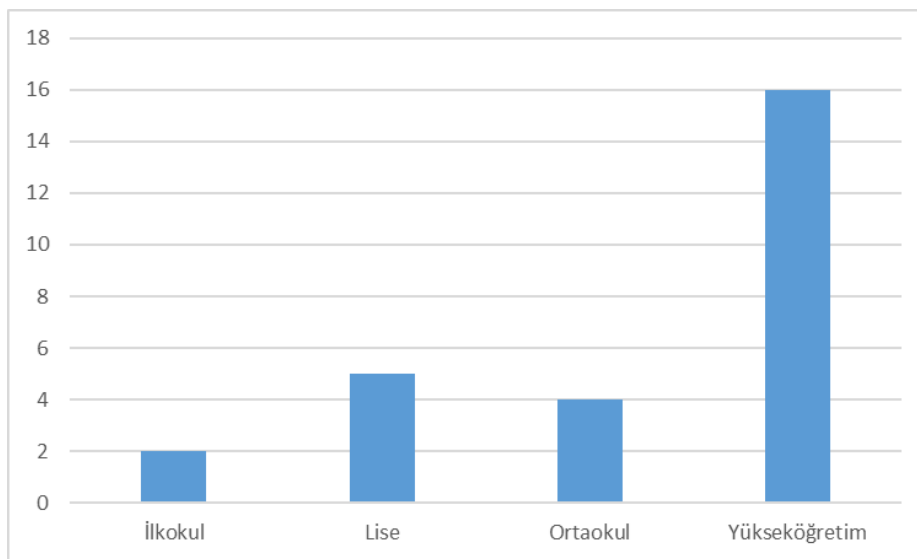


Şekil 4.22. Karma gerçeklikte disipline göre çalışma sayıları

Karma gerçeklikle ilgili yayınların 10 çalışma ile en çok fizik disiplinine yönelik yapıldığı, daha sonra 9 çalışma ile biyolojide ve 6 çalışma ile kimya disiplinlerinde uygulandığı görülmektedir. Mühendislik tasarımı içeren 2 uygulama olduğu bulgusuna da ulaşılmıştır.

Okul düzeyi

Karma gerçeklik uygulamasının fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen araştırmaların okul düzeyi değişkenine göre dağılım grafiği Şekil 4.23'te verilmiştir.

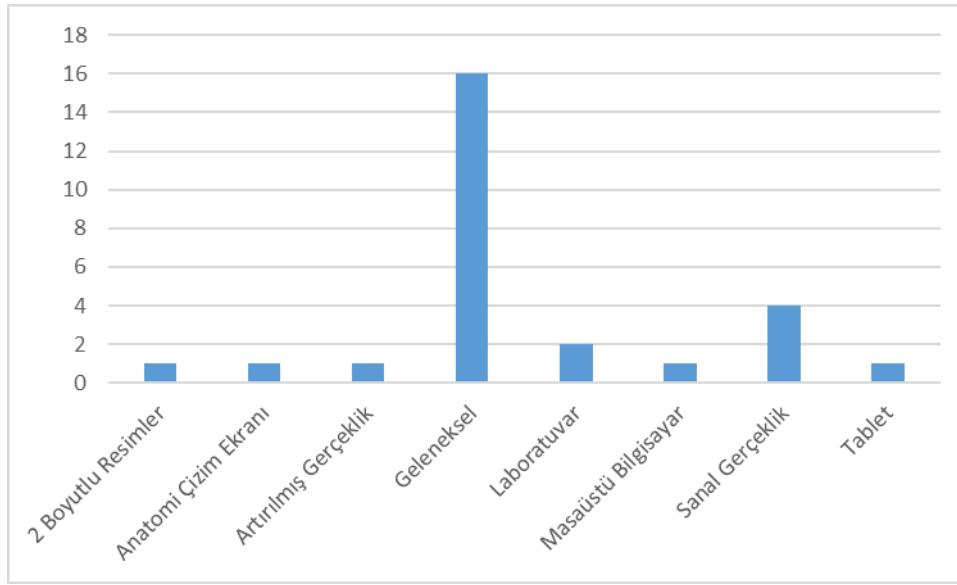


Şekil 4.23. Karma gerçeklikte okul düzeyine göre çalışma sayısı

Karma gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen çalışma sayısının en fazla yükseköğretimde yapıldığı (n=16), daha sonra sırasıyla lise (n=5), ortaokul (n=4) ve son olarak ilkokulda (n=2) yapıldığı görülmektedir.

Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç

Fen başarısında karma gerçeklik uygulamasının etkisini araştıran ve meta-analize dahil edilen çalışmaların, kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç değişkenine göre dağılım grafiği Şekil 4.24'te verilmiştir.

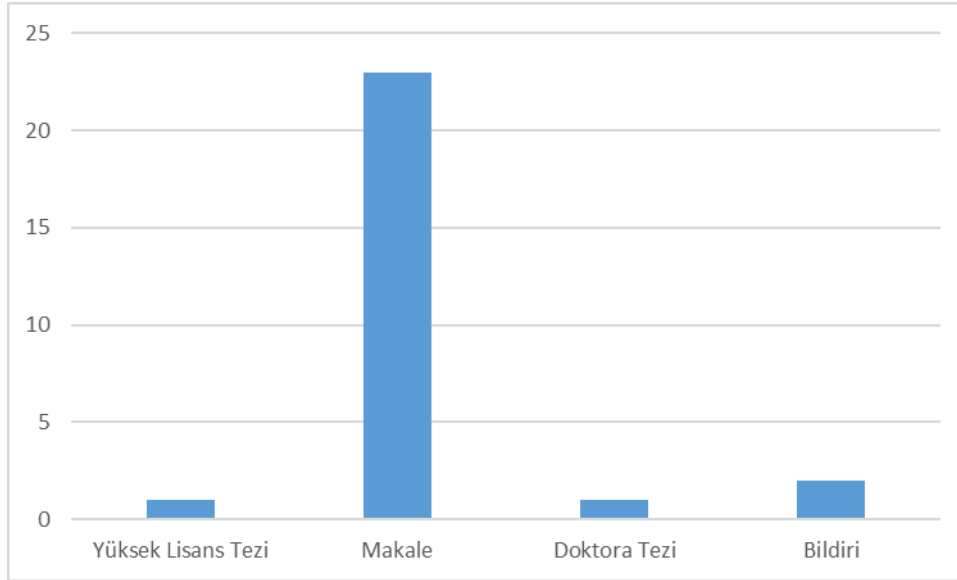


Şekil 4.24. Karma gerçeklikte kontrol grubuna uygulanan yöntem/araca göre çalışma sayıları

Karma gerçeklikle ilgili yapılan deneysel çalışmalarda kontrol grubuna en çok geleneksel yöntemin uygulandığı (n=16), ikinci sırada sanal gerçeklik uygulamalarının (n=4) ve üçüncü sırada laboratuvar yönteminin (n=2) uygulandığı görülmektedir. 2 boyutlu resim ve artırılmış gerçekliğin kullanıldığı 1'er çalışmanın ve benzer şekilde diğer multimedya araçlarının kullanıldığı 1'er çalışmanın olduğu bulunmuştur.

Yayın türü

Karma gerçeklik uygulamalarının fen başarısına etkisini araştıran ve meta-analize dahil edilen çalışmaların yayın türü değişkenine göre dağılım grafiği Şekil 4.25'te verilmiştir.



Şekil 4.25. Karma gerçeklikte yayın türüne göre çalışma sayıları

Karma gerçekliğin kullanıldığı çalışmalarda en fazla yayın türünün 23 ile makale olduğu, 2 tane bildiri türünde yayın olduğu ve yüksek lisans ve doktora tezlerinden ise 1'er tane bulunduğu görülmektedir.

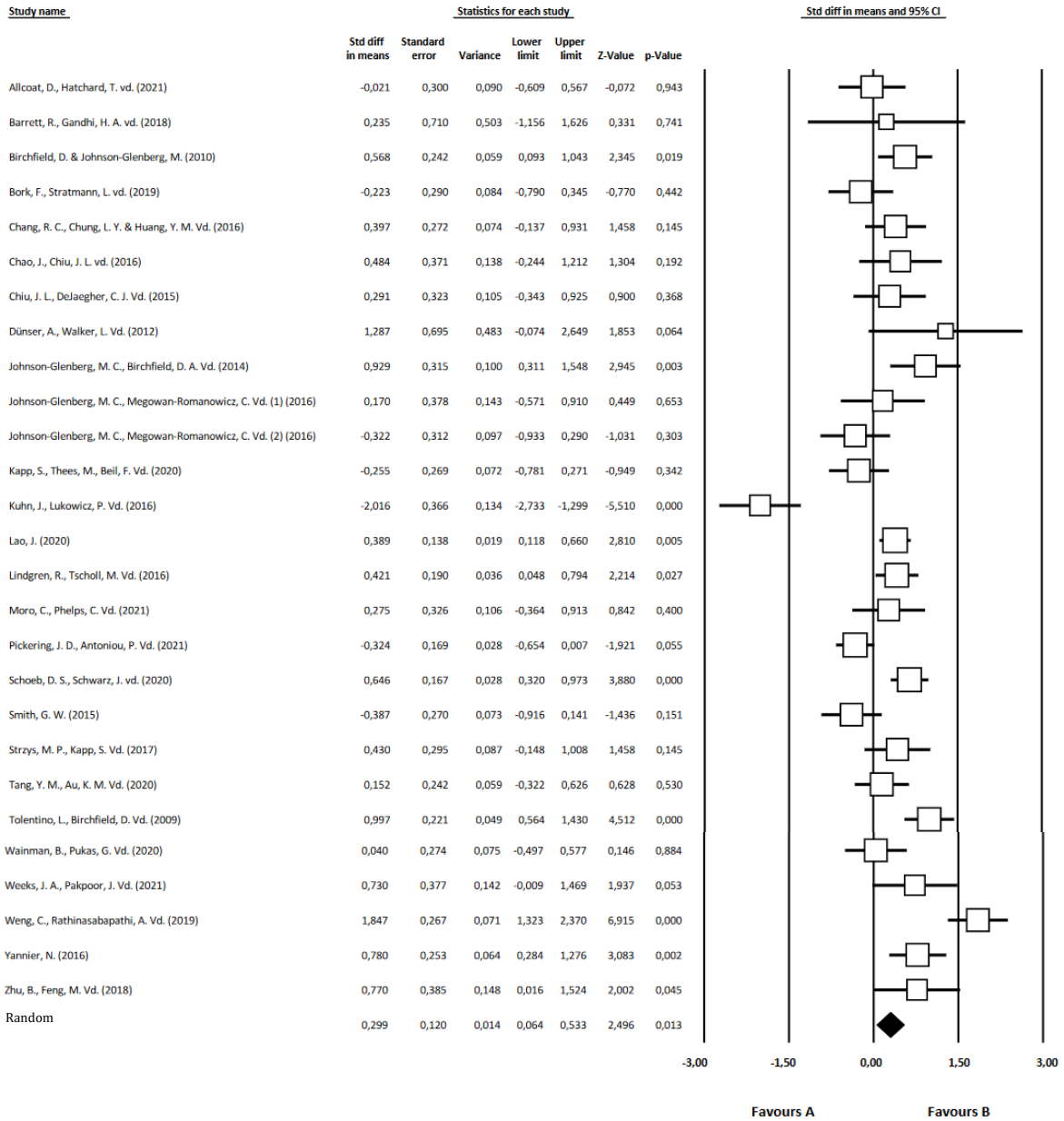
4.3.3. Genel etki büyüklüğü

Karma gerçeklik kullanımı fen başarısı üzerinde nasıl bir etkiye sahiptir?" alt problemine cevap bulmak için meta-analize dahil edilen çalışmaların her birinin etki büyüklüğü ve tüm çalışmaların bir araya getirilmesiyle genel etki büyüklüğü hesaplanmıştır. Karma gerçeklik kullanımının fen başarısına etkisinin incelendiği 26 çalışma (27 etki büyüklüğü) meta-analize dahil edilmiştir.

Şekil 4.26'da etki büyüklüğü ve güven aralığına ilişkin nokta tahminleri orman grafiği formatında gösterilmektedir. Şekilde bulunan listenin sol tarafında çalışmaya dahil edilen yayınların isimleri, bireysel etki büyüklükleri, standart hataları, varyansları, güven aralıkları, z değerleri, anlamlılık değerleri, örneklem sayıları gibi istatistikler yer alırken; sağ tarafında -3, +3 etki büyüklüğü aralığında standartlaştırılmış ortalamalar arası farka ilişkin görselleştirme yer almaktadır.

Şekil 4.26 incelendiğinde değerlerin -2,016 ve 1,847 arasında dağıldığını, 27 çalışmanın 20 tanesinin (%74) diğer yöntem veya araçlara kıyasla karma gerçeklik kullanımı lehine pozitif

etki gösterdiği görülmektedir. 27 çalışmanın 7 tanesi (%26) ise karma gerçeklikle ilgili negatif sonuçlar vermiştir. Bu deneysel çalışmaların deney ve kontrol grupları arasında anlamlı farklılık çıkma oranlarına baktığımızda 27 çalışmadan 17'sinde (%63) anlamlı fark çıkmazken, 10'unda (%37) anlamlı fark bulunmuştur.



Şekil 4.26. Karma gerçeklik orman grafiği

Karma gerçeklikle yapılan ve analize dahil edilen 26 çalışmadan elde edilen 27 etki büyüklüğünün birleştirilmesiyle elde edilen genel etki büyüklüğüne ilişkin veri Çizelge 4.33'te sunulmuştur.

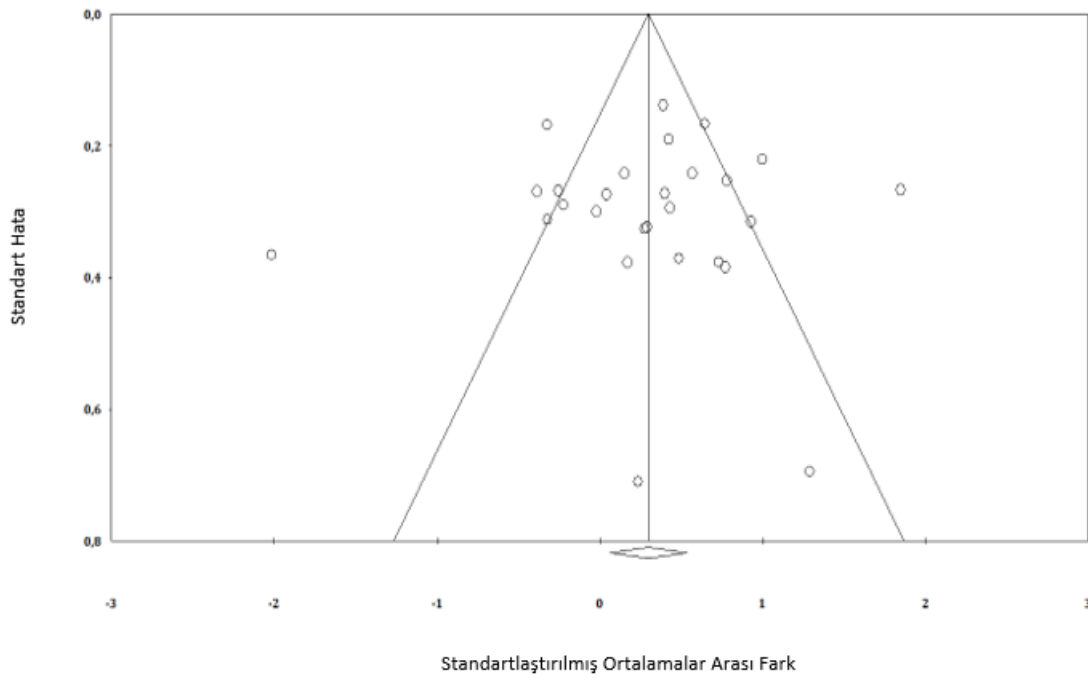
Çizelge 4.33. Rastgele etkiler modeline göre karma gerçeklik genel etki büyüklüğü

Model	Cohen's d	Standart Hata	Varyans	Alt Limit	Üst Limit	Z	p
Rastgele Etkiler	0,299	0,120	0,014	0,064	0,533	2,496	0,013

Rasgele etkiler modeline göre hesaplanan verilerin yer aldığı Çizelge 4.33 incelendiğinde karma gerçeklik uygulamalarının fen başarısı üzerinde etki büyüklüğünün 0,299 olduğu görülebilir ($Z=2,496$, $p < 0,05$). Bu değer, karma gerçekliğin fen başarısı üzerinde küçük etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Güven aralıkları için alt limit 0,064; üst limit ise 0,533 bulunmuştur.

4.3.4. Yayım yanlılığı analizleri

Bu araştırmada Şekil 4.27'de huni grafiği ve buna ek olarak Egger'in regresyon testi ve Güvenli N testlerine ait sonuçlar sunulmuştur. Huni grafiği incelendiğinde piramidin üst kısmında çalışmaların sıklaştığı ve simetrik bir görünüm sunduğu görülebilir. Çalışmaların üst kısımda sıklaşması, standart hatalarının düşük olduğunu göstermektedir. Ancak huni grafiğindeki simetriyi yorumlamak öznel ve asimetrinin olması, yayım yanlılığı olduğunun kesin kanıtı olarak gösterilemez (Sterne ve Harbord, 2004). Bu sebeple yayım yanlılığını değerlendirme amacıyla diğer testlere de başvurulmuştur.



Şekil 4.27. Karma gerçekliğe ait huni grafiği

Egger'in regresyon testi sonuçlarına göre tek kuyruklu p değeri (0,401), alfa düzeyinden (0,05) yüksek bulunmuştur. Bu yüzden mevcut meta-analizde yayım yanlılığı olmadığı söylenebilir.

Yayım yanlılığın tespitinde Rosenthal'in Güvenli N değeri de kullanılmıştır. Güvenli N değeri, elde edilen etki büyüklüğü değerinin istatistiksel olarak anlamlı olmayan hale getirilmesi için gerekli olan çalışma sayısını verir. Güvenli N değeri veri seti için $N_R=213$ olarak bulunmuştur. $N_R > 5k+10$ olduğunda meta-analizin yayım yanlılığının düşük olduğu yorumu yapılabilir (Rosenthal, 1995). Elde edilen birbirinden farklı etki büyüklüğü sayısı $k=27$ olduğu için $213 > 145$ sonucu elde edilir ve yayım yanlılığı düşüktür denilebilir.

Orwin'in Güvenli N yöntemi de etki büyüklüğü değerinin önemsiz bir değere çekilmesi için gerekli olan yayımlanmamış çalışma sayısını belirtir. Örneğin etki büyüklüğü değerini 0,001 seçtiğimizde, etki büyüklüğü değerini 0,001'in altına düşürmek için gerekli olan yayımlanmamış çalışma sayısı 8559 olarak çıkmaktadır. Literatürde karma gerçekliğin fen başarısına olan etkisini deneysel olarak ölçen 8559 tane daha çalışma bulunamayacağı için, mevcut çalışmada yayım yanlılığı yoktur diyebiliriz.

4.3.5. Çalışmalar arası heterojenlik durumu

Meta-analize dahil edilen çalışmaların etki büyüklüklerinin ne ölçüde değiştiğini bulmak amacıyla heterojenlik analizleri yapılmaktadır. Burada heterojenlik durumuna ilişkin Çizelge 4.34'te Cochran Q-istatistiği ve I^2 değerine yer verilmiştir. Karma gerçekliğe ait orman grafiği de (Şekil 4.26) heterojenlik hakkında ipuçları vermektedir.

Çizelge 4.34. Karma gerçeklik meta-analizine dahil edilen çalışmalar arasındaki heterojenlik durumu

Model	k	Q	df	p	I^2
Rastgele Etkiler	27	137,002	26	0,000	81,002

Q-istatistiği ki-kare dağılımına sahiptir. Bu sebeple elde edilen değer ki-kare tablosunda yer alan kritik değerle karşılaştırılmasını gerektirir. 26 serbestlik derecesi $\alpha=0,05$ düzeyinde kritik Q değeri 38,885'tir. Çalışmada elde edilen 137,002 değeri kritik Q değerinden büyük olduğu için, mevcut veri setinde istatistiksel olarak anlamlı bir heterojenlik olduğu söylenebilir. Bu veri seti için I^2 değeri ise 81,002 bulunmuştur.

Şekil 4.26'daki karma gerçekliğe ait orman grafiğinde çalışmaların güven aralıklarının az kesişmesi ve bireysel etki büyüklüğü değerlerinin elmasın sağ ve sol tarafında saçılması durumları da heterojenlik hakkında ipuçları vermektedir.

4.3.6. Moderatör analizleri

Veri setindeki çalışmalara has bazı moderatörler, etki büyüklükleri arasındaki heterojenliği açıklamaya yardımcı olabilir (Borenstain ve diğerleri, 2010). Hem eğitim çalışmalarında kullanılan moderatörler hem de karma gerçeklik literatürünün taranması sonucu bu teknolojiye has olan özellikler ortaya çıkarılarak toplamda 12 moderatör bu veri setinde incelenmiştir.

Çalışmanın yürütüldüğü ülke, yayın türü, insanı anlama modları, dünyayı modelleme durumu gibi moderatörlerde kategorilerin 1 veya 2 frekans göstermesi sonucu analizlere katılmamasına karar verilmiştir. Kategorideki frekanslar açısından sorun olmayan moderatörlere ilişkin bulgular aşağıda sunulmuştur.

Okul düzeyi

Okul düzeyinde kategoriler ilköğretim, ortaokul, lise ve yükseköğretim şeklinde kodlanmıştır. Ancak ilköğretim düzeyine ait 2 çalışma bulunduğu için moderatör kategorilerinden çıkarılmıştır.

Çizelge 4.35. Okul düzeyi kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Okul düzeyi	Ortaokul	4	0,155	[-1,177; 1,486]	16,080	2	0,000
	Lise	5	0,802	[0,542; 1,062]			
	Yükseköğretim	16	0,127	[-0,077; 0,332]			

(k=çalışma sayısı, d=ortalama etki büyüklüğü, GA=güven aralığı, Q_B=gruplar arası homojenlik, sd=serbestlik derecesi)
p < 0,05

Çizelge 4.35'te karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 16,080; serbestlik derecesinin 2 ve p değerinin 0,000 olduğu görülmektedir. Yani alt gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Okul türü açısından karma gerçeklik uygulamalarının lise düzeyinde, ortaokul ve yükseköğretim düzeyine göre çok daha büyük bir etkisi olduğu söylenebilir.

Disiplin moderatörü

Fen başarısı ele alındığı için disiplin bu meta-analizde fizik, kimya, biyoloji ve mühendislik tasarım olarak alınmıştır. Mühendislik tasarım kategorisinde 2 çalışma olduğu için analiz dışında bırakılarak işlemler yürütülmüştür.

Çizelge 4.36. Disiplin kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Disiplin	Fizik	10	0,177	[-0,413; 0,768]	7,383	2	0,025
	Kimya	6	0,744	[0,482; 1,006]			
	Biyoloji	9	0,268	[0,003; 0,532]			

p < 0,05

Çizelge 4.36 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 7,383; serbestlik derecesinin 2 ve p değerinin 0,025 olduğu görülmektedir. Alt gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Karma gerçeklik uygulamalarının başarı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamasının kimya disiplininde, fizik ve biyolojiye göre çok daha yüksek olduğu görülebilir. Karma gerçekliğin başarı üzerindeki etkisi kimya disiplininde yüksek düzeyde iken, biyoloji ve fizik disiplinlerinde düşük düzeydedir.

Oyunlaştırma moderatörü

Meta-analize dahil edilen çalışmalarda kullanılan karma gerçeklik uygulamasında oyunlaştırmanın bulunup bulunmama durumu moderatör olarak ele alınmıştır.

Çizelge 4.37. Oyunlaştırma unsuru kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Oyunlaştırma	Var	4	0,817	[0,570; 1,063]	11,456	1	0,001
	Yok	23	0,200	[-0,058; 0,459]			

$p < 0,05$

Çizelge 4.37 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 11,456, serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,001 olduğu görülmektedir. Yani alt gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. Karma gerçeklik uygulamalarının başarı üzerindeki etki büyüklüğü ortalaması, oyunlaştırma ögesi kullanılan durumlarda daha yüksek düzeydedir.

Hitap edilen duyular moderatörü

Bu moderatörde görsel, işitsel, dokunsal ve kokusal olmak üzere 4 kategori ortaya çıkmıştır. Koku tek bir çalışmada kullanıldığı için analiz dışında bırakılmıştır. Çalışmaların tümünde birden fazla duyuya hitap eden karma gerçeklik uygulamaları kullanıldığı için kategoriler, duyular aralarına artı işareti koyularak kodlanmıştır.

Çizelge 4.38 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 4,094; serbestlik derecesinin 2 ve p değerinin 0,129 olduğu görülmektedir. Hitap edilen duyu sayısının en fazla olduğu kategoride (görsel+işitsel+dokunsal) etki büyüklüğü değeri de yüksek

düzeydedir. Ancak p değeri incelendiğinde alt gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olmadığı ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4.38. Hitap edilen duyular kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q_B	sd	p
Hitap edilen duyular	Görsel+dokunsal	18	0,238	[-0,083 ;0,560]	4,094	2	0,129
	Görsel+işitsel	4	0,363	[-0,185; 0,910]			
	Görsel+işitsel+dokunsal	4	0,691	[0,382; 1,001]			

$p > 0,05$

Manipüle edilen obje moderatörü

Karma gerçeklikte objeler manipüle edilebilir ve hem gerçek dünyadaki hem de sanal dünyadaki objelerle etkileşime girilebilir. Bu sebeple meta-analize dahil edilen çalışmalarda katılımcıların manipüle edebildikleri objelerin sanal veya gerçek olma durumu kategorisine göre moderatör analizi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.39. Manipüle edilen obje kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q_B	sd	p
Manipüle edilen obje	Gerçek	6	0,032	[-0,636, 0,700]	1,081	1	0,298
	Sanal	20	0,409	[0,163, 0,656]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.39’da karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 1,081; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,298 olduğu görülmektedir. Manipüle edilen obje sanal olduğunda ortalama etki büyüklüğü değeri 0,409 çıkmaktadır. Ancak elde edilen p değerine göre, karma gerçekliğin fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalaması, manipüle edilen objenin sanal veya gerçek olması açısından istatistiksel olarak bir anlamlılık sunmamaktadır.

Bedenleştirilmiş öğrenme için kullanılan vücut hareket türleri moderatörü

Bedenleştirilmiş öğrenme için incelenen çalışmalarda hareket ve jest olmak üzere iki vücut hareketi ortaya çıkmış, bazı çalışmalarda ise hareket ve jestin birlikte kullanıldığı görülmüştür. Bu yüzden çalışmalar kodlanırken hareket, jest ve hareket+jest olarak 3 kategori oluşturulmuştur.

Çizelge 4.40. Bedenleştirilmiş öğrenme için vücut hareket türleri kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Bedenleştirilmiş öğrenme öğeleri	Hareket	11	0,329	[0,060; 0,599]	1,638	2	0,441
	Jest	8	0,154	[-0,249; 0,556]			
	Hareket+jest	5	0,573	[0,072; 0,529]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.40 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 1,638; serbestlik derecesinin 2 ve p değerinin 0,441 olduğu görülmektedir. Meta-analize dahil edilen çalışmaların etki büyüklükleri arasında, bedenleştirilmiş öğrenmede hareket, jest veya her ikisinin birlikte kullanımı açısından anlamlı bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Baskın olan genişletilmiş gerçeklik türü moderatörü

Karma gerçeklik sanal ve gerçek ortamların etkileşimiyle oluşur. Bu uygulamaların geliştirilmesinde artırılmış gerçekliğe ya da sanal gerçekliğe ağırlık verilebilir. Ele alınan çalışmalarda hangi genişletilmiş gerçeklik uygulamasının baskın olduğuna yönelik kategorileştirme yapılmıştır.

Çizelge 4.41. Baskın olan XR türü kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Baskın olan XR türü	AR	16	0,332	[-0,051; 0,716]	0,175	1	0,675
	AV	11	0,236	[0,002; 0,471]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.41’de karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 0,175; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,675 olduğu görülmektedir. Analiz sonucu ortaya çıkan p değerinden ötürü alt gruplar açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Artırılmış sanallığın baskın olduğu karma gerçeklik ve artırılmış gerçekliğin baskın olduğu karma gerçeklik uygulamalarının fen başarısı üzerindeki etki büyüklükleri ortalamaları arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç moderatörü

Meta-analize dahil edilen deneysel çalışmaların kontrol grubun uygulanan yöntem veya araçlar moderatör olarak ele alınmıştır. Bu yöntem veya araçların frekansı 1 ve 2 olduğu yöntem/araç sayısı fazla olduğundan, geleneksel dışında kalanlar tek bir grup haline getirilerek ‘alternatif yöntem/araç’ olarak adlandırılmıştır. Bu kategorinin içine sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, tablet, masaüstü bilgisayar gibi araçlar dahil edilmiştir.

Çizelge 4.42. Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	QB	sd	p
Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç	Geleneksel	16	0,502	[0,239; 0,764]	4,256	1	0,039
	Alternatif yöntemler/araçlar	11	0,006	[-0,385; 0,397]			

$p < 0,05$

Çizelge 4.42 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 4,256; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,039 olduğu görülmektedir. Alt gruplar açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Kontrol grubunda geleneksel yöntemlerin uygulandığı çalışmaların fen başarısına olan etki büyüklükleri ve kontrol grubunda diğer alternatif yöntem ve araç kullanan çalışmaların etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark vardır ve kontrol grubunda geleneksel yöntemleri kullananlar lehinedir.

Veri toplama aracının durumu moderatörü

Ele alınan çalışmalarda fen başarısı ölçmek için kullanılan ölçme araçlarının standart bir test olması veya araştırmacı/uygulayıcı öğretmen tarafından geliştirilmesi durumlarına göre moderatör analizi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.43 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 0,449; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,503 olduğu görülmektedir. Meta-analize dahil edilen yayınlarda kullanılan ölçme aracının özelliğine göre karma gerçeklik uygulamasının fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları, araştırmacının/uygulayıcı öğretmenin geliştirdiği testler için 0,332 ve standart testler için 0,127’dir. Elde edilen p değeri 0,05’ten büyük olduğu için fen başarısı açısından çalışmaların ortalama etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır.

Çizelge 4.43. Veri toplama aracı kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	QB	sd	p
Veri toplama aracı	Araştırmacının/öğretmenin geliştirdiği	23	0,332	[0,065; 0,600]	0,449	1	0,503
	Standartlaştırılmış test	4	0,127	[-0,411; 0,665]			

$p > 0,05$

Karma gerçeklikte öğrencilere verilen görevin bireysel veya işbirlikli olması moderatörü

Meta-analize dahil edilen çalışmalar, karma gerçeklik uygulamalarında öğrencilere verilen görevin bireysel olarak ya da işbirlikli bir çalışma ile tamamlamaları durumlarına göre kategorilere ayrılmış ve moderatör analizi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.44. Görevin bireysel veya işbirlikli olması kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	QB	sd	p
Görevin bireysel veya işbirlikli olarak tamamlanması	Bireysel	13	0,310	[-0,090; 0,710]	0,007	1	0,934
	İşbirlikli	14	0,289	[0,015; 0,564]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.44 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 0,007; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,934 olduğu görülmektedir. Karma gerçeklik uygulamalarında verilen görevin bireysel veya işbirlikli olarak gerçekleştirilmesinin fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları arasında anlamlı bir fark olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Karma gerçeklikte öğrencilere verilen görevin gerektirdiği bilgi türü moderatörü

Ele alınan çalışmalarda öğrencilerin karma gerçeklikle gerçekleştirdiği görevlerin gerektirdiği bilgi türleri açıklayıcı veya işlemsel olma durumlarına göre incelenmiş ve kategorileştirilmiştir.

Çizelge 4.45. Görevin açıklayıcı veya işlemsel olması kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	Q _B	sd	p
Görevin gerektirdiği bilgi türü	Açıklayıcı	4	0,493	[-0,012; 1,921]	2,186	1	0,139
	İşlemsel	23	0,206	[-0,021; 0,433]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.45 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 2,186; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,139 olduğu görülmektedir. Karma gerçeklik uygulamalarında verilen görevin öğrencilerden açıklayıcı veya işlemsel bilgi gerektirmesi durumunun fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları arasında anlamlı bir fark olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Öğretimin modu moderatörü

Bu moderatörde sunum, uygulama ve bağımsız kullanım olmak üzere 3 kategori belirlenmiştir. Karma gerçeklik uygulamasının öğretimde teorik kısmın sunumunu yapma amacıyla mı, bir dersin teorik kısmı verildikten sonra uygulama yapma amacıyla mı yoksa ikisinden de farklı olarak bir konuyla ilgili geliştirilen karma gerçekliğin bağımsız olarak verilmesi amacıyla mı kullanıldığına göre meta-analize dahil edilen çalışmalar kategorilere ayrılmıştır.

Çizelge 4.46. Öğretimin modu kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	QB	sd	p
Öğretimin modu	Bağımsız kullanım	9	0,051	[-0,425; 0,526]	2,758	2	0,252
	Sunum	4	0,955	[-0,012; 1,921]			
	Uygulama	14	0,285	[0,031; 0,538]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.46 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 2,758; serbestlik derecesinin 2 ve p değerinin 0,252 olduğu görülmektedir. Meta-analize dahil edilen çalışmalarda karma gerçekliğin hangi öğretim modunda kullanıldığına göre, bu uygulamanın fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları; sunum için 0,955, uygulama için 0,285 ve bağımsız kullanım için 0,051 çıkmıştır. Her ne kadar karma gerçekliğin sunum için kullanılmasının fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalaması diğer modlardan daha yüksek olsa da p değerinin 0,252 çıkması sebebiyle ortalama etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Çevreleme durumu moderatörü

Karma gerçeklikte kullanılan teknolojinin kişiyi çevreleme durumuna göre analize alınan çalışmalar çevreleyici ve kısmen çevreleyici olmak üzere 2 kategoride değerlendirilmiştir. Çevreleyici olanlar özel başlıklar kullanarak etrafındaki objelerle etkileşime girerken, kısmen çevreleyici olanlar gerçek dünyada daha az çevreleme gücü olan araçlar vasıtasıyla karma bir ortamla etkileşime girmişlerdir.

Çizelge 4.47. Çevreleme durumu kategorik moderatörüne ait analog ANOVA sonucu

Değişken	Kategori	k	d	%95 GA	QB	sd	p
Çevreleme	Çevreleyici	13	0,219	[-0,186; 0,623]	0,400	1	0,527
	Kısmen çevreleyici	14	0,372	[0,123; 0,622]			

$p > 0,05$

Çizelge 4.47 incelendiğinde karma etkiler modeline göre ki-kare değerinin 0,400; serbestlik derecesinin 1 ve p değerinin 0,527 olduğu görülmektedir. Karma gerçeklik uygulamalarının

çevreleyici veya kısmen çevreleyici olması durumunun fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları arasında anlamlı bir fark olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır.

4.4. Bütüncül Bakış: Fen Eğitiminde Genişletilmiş Gerçeklik Kullanımının Akademik Başarıya Olan Etkisine Yönelik Yapılan Meta-Analizin Sonuçları

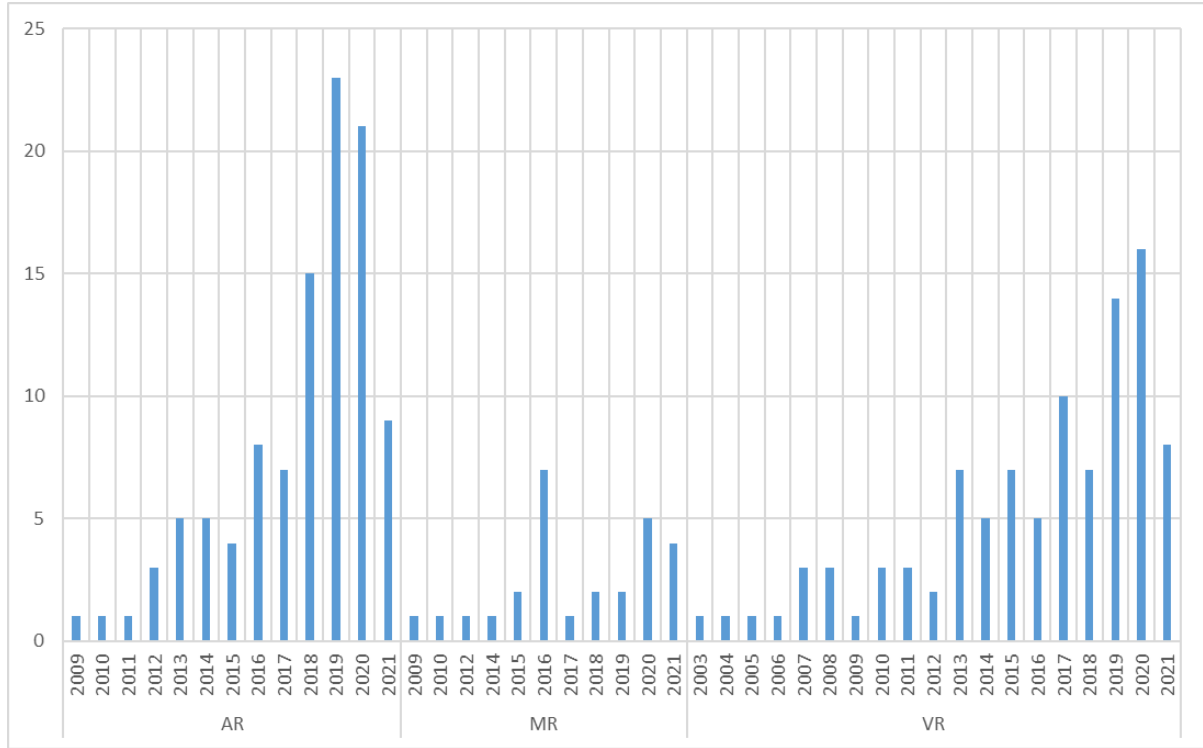
Bu bölümde fen eğitiminde genişletilmiş gerçeklik kullanımı ile ilgili betimsel özelliklere ve genel etki büyüklüğü değerine yer verilmiştir.

4.4.1. Fen eğitiminde genişletilmiş gerçeklik kullanılan çalışmaların betimsel özellikleri

Sanal, artırılmış ve karma gerçeklik, bir şemsiye kavram olan genişletilmiş gerçeklik uygulamaları altında toplandığında ortaya çıkan betimsel veriler, bu bölümde tablo ve grafik olarak sunulmuştur.

Yıllara göre yayın sayıları

Genişletilmiş gerçeklik türlerinin bir bütün olarak ele aldığımızda, yatay zeminde her üç gerçeklik türü için meta-analize dahil edilen çalışmaların yıllara göre ortaya çıkan çalışma sayılarına ilişkin veri Şekil 4.28’de sunulmuştur.



Şekil 4.28. Genişletilmiş gerçeklikte tür ve yıla göre çalışma sayıları

Tüm gerçeklik türleri için sistematik derleme çalışması Ocak-2000 ve Haziran-2021 tarihleri arasında yapılmıştır. Şekil 4.28 incelendiğinde günümüze yaklaştıkça yayın sayılarında büyük bir artış olduğu gözlenmektedir. Daha eski bir geçmişe sahip olan sanal ve artırılmış gerçeklikte çalışma sayısı yüksektir ve artmaya devam etmektedir. Genel olarak genişletilmiş gerçeklik çalışmalarının günümüze yaklaştıkça arttığı görülmektedir.

Ülkelere göre yayın sayısı

Genişletilmiş gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen yayınların yapıldığı ülkelere göre dağılımı Çizelge 4.48’de verilmiştir.

Çizelge 4.48. Ülkelere göre yayın sayısı

Ülke	Yayın Sayısı
Türkiye	55
ABD	50
Tayvan	37
Almanya	10
Çin	5
Kıbrıs	5
Hollanda	5
Yunanistan	5
Kanada	4
Endonezya	4
İspanya	4
Hindistan	3
İngiltere	3
İran	3
Nijerya	3
Şili	3
Umman	3
Avustralya	2
Danimarka	2
Malezya	2
Yeni Zelanda	2
Avusturalya	1
Brunei	1
Finlandiya	1
Hong Kong	1
Güney Afrika Cumhuriyeti	1
Kore	1
Polonya	1
Tayland	1
Toplam	218

Genişletilmiş gerçeklikle ilgili yapılan yayınların menşei ülkeler incelendiğinde birinci sırada Türkiye (n=55), ABD'nin (n=50) Türkiye'ye yakın bir sayıyla ikinci sırada olduğu ve Tayvan'ın da (n=37) üçüncü sırada olduğu ortaya çıkmaktadır. Türkçe dilinde yazılan makale ve tezlerin meta-analizlere dahil edilmesinin bu bulgu üzerinde etkisi vardır.

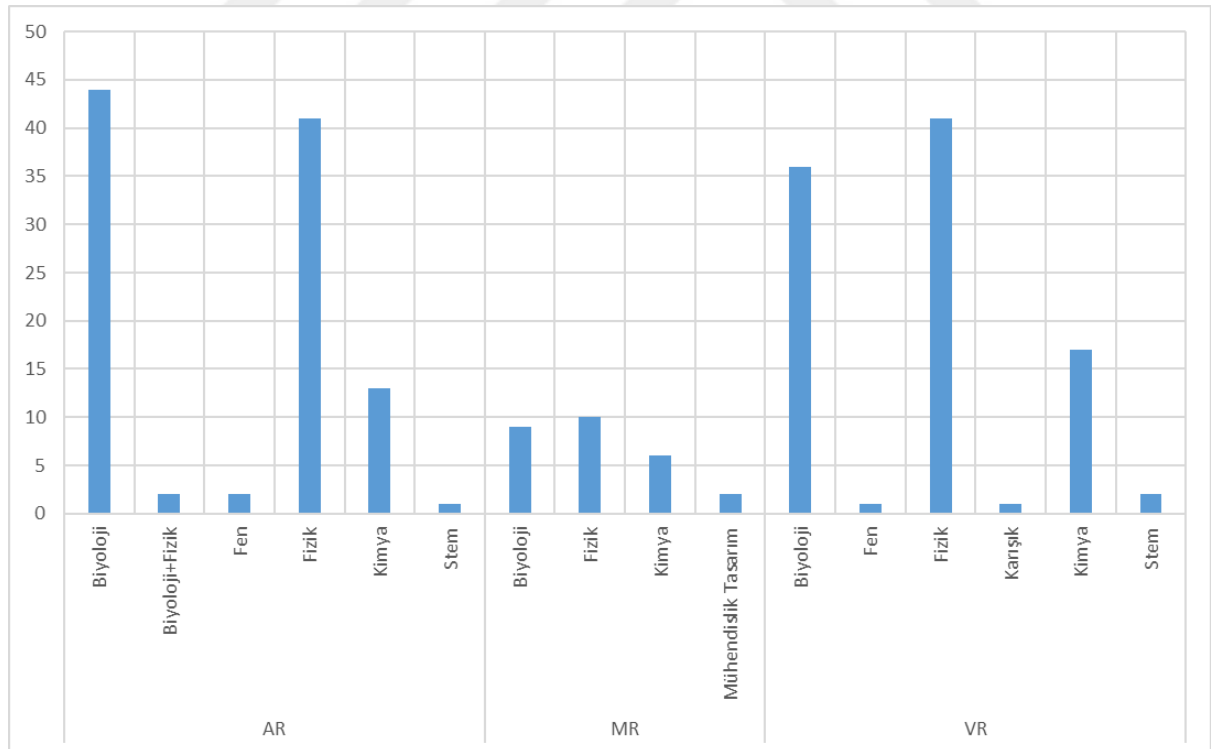
Disipline göre yayın sayısı

Genişletilmiş gerçeğin fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen yayın sayısının genel bir bakış açısıyla uygulandığı disiplinlere göre dağılımları Çizelge 4.49’da verilmiştir.

Çizelge 4.49. Disipline göre yayın sayısı

Disiplin	Yayın Sayısı
Fizik	91
Biyoloji	84
Kimya	32

Genişletilmiş gerçeklik kullanılan deneysel çalışmaların hangi disiplinde yapıldığı incelendiğinde birinci sırada fizik (n=91), ikinci sırada biyoloji (n=84) ve üçüncü sırada kimya (n=32) olduğu görülmektedir. Şekil 4.29’da gerçeklik türlerinin her biri için ayrı olarak hangi disiplinde ne kadar çalışma yapıldığını gösteren veri yer almaktadır.

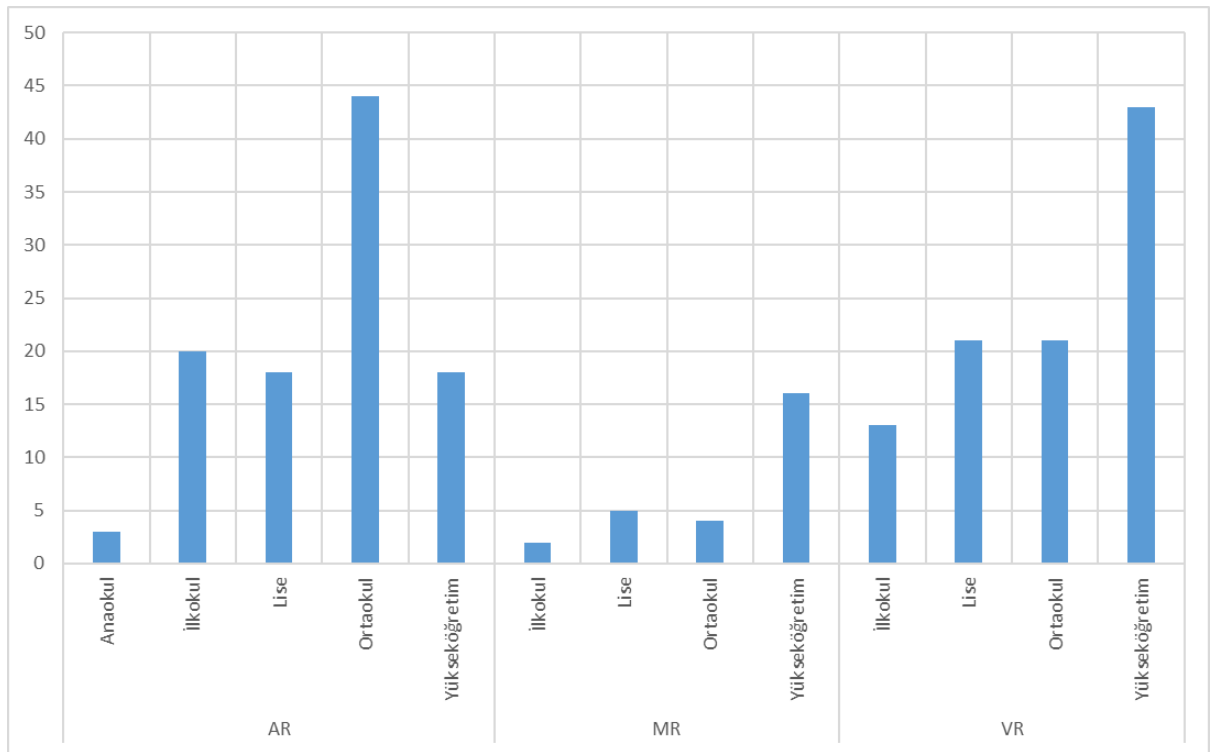


Şekil 4.29. Genişletilmiş gerçeklikte tür ve disipline göre çalışma sayıları

Fizik disiplininin gerçeklik uygulamaları için çok tercih edildiği ortaya çıkmaktadır. İkinci tercih edilen disiplin biyoloji olmakla birlikte, en az tercih edilen disiplinin kimya olduğu görülmektedir.

Okul düzeyi

Gerçeklik türlerinin her biri için ayrı olarak hangi okul düzeylerinde ne kadar çalışma yapıldığını gösteren veri Şekil 4.30'da sunulmuştur.



Şekil 4.30. Genişletilmiş gerçeklikte tür ve okul düzeyine göre çalışma sayıları

Genişletilmiş gerçeklik uygulamalarının en sık yükseköğretim ve ortaokul düzeylerinde gerçekleştirildiği görülmektedir. İlkokul ve lise için uygulamanın az olduğu ve okul öncesi için 2 gerçeklik türünde hiçbir çalışmanın olmadığı görülmektedir.

K-12 sınıf düzeyine göre yayın sayısı

Sınıf düzeyine göre genişletilmiş gerçeklik çalışma sayıları incelendiğinde en çok 7. sınıfta yapıldığı (n=27), daha sonra 6. sınıfta (n=21) ve üçüncü sırada da 5. sınıf olduğu görülmektedir. Yüksek öğretimde yetişkinlerin olması, süre olarak K-12'ye göre farklı

olması ve dahil edilen çalışmalarda spesifik sınıf belirten araştırma sayısının az olmasından dolayı, yayın sayıları K-12 sınıf düzeylerine göre verilmiştir.

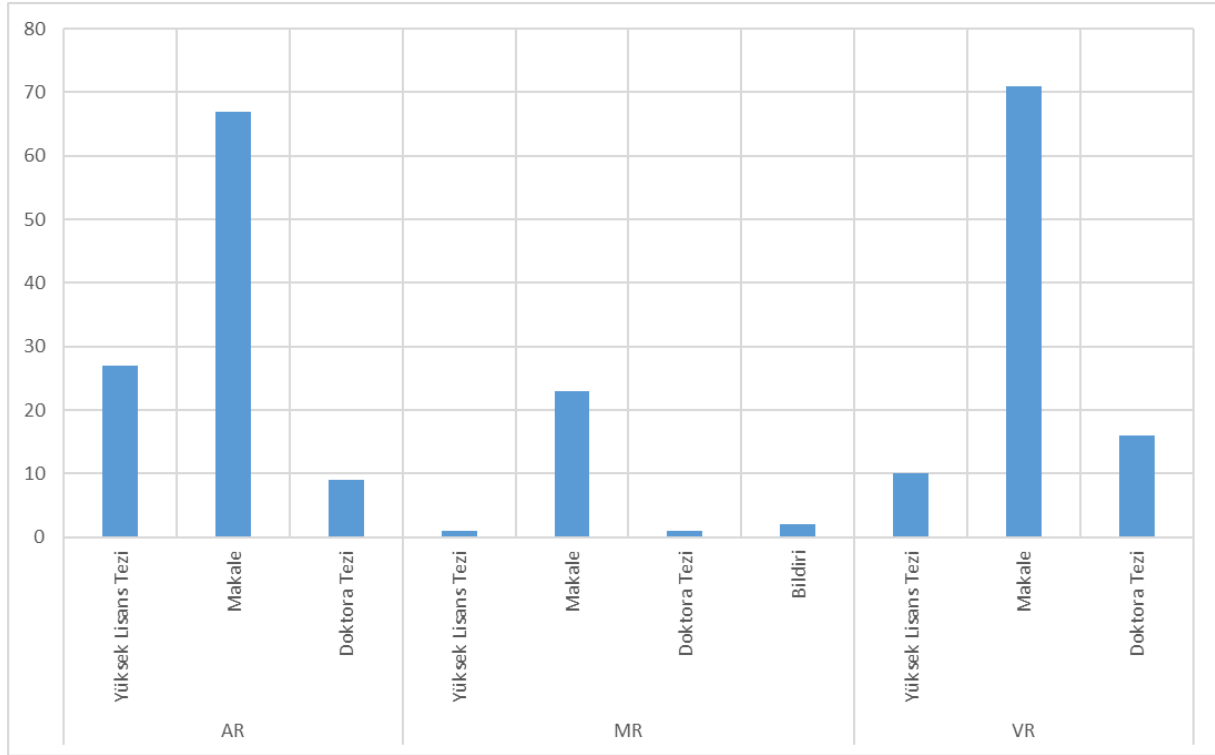
Çizelge 4.50. K-12 sınıf düzeyine göre yayın sayıları

Sınıf	Sayı
3	3
4	14
5	15
6	21
7	27
8	9
9	10
10	13
11	9
12	1

K-12 düzeyi için genişletilmiş gerçekliğin fen başarısına etkisini ölçen çalışma sayısının en fazla 7. sınıfta, daha sonra 6. sınıfta ve 5. sınıfta yapıldığı görülmektedir. Genel olarak ortaokul düzeyindeki sınıflarda yayın sayısının daha fazla olduğu ortaya çıkmaktadır.

Yayın türü

Gerçeklik türlerinin her biri için ayrı olarak yayın türleri ve çalışma sayısına ilişkin bilgi Şekil 4.31’de sunulmuştur

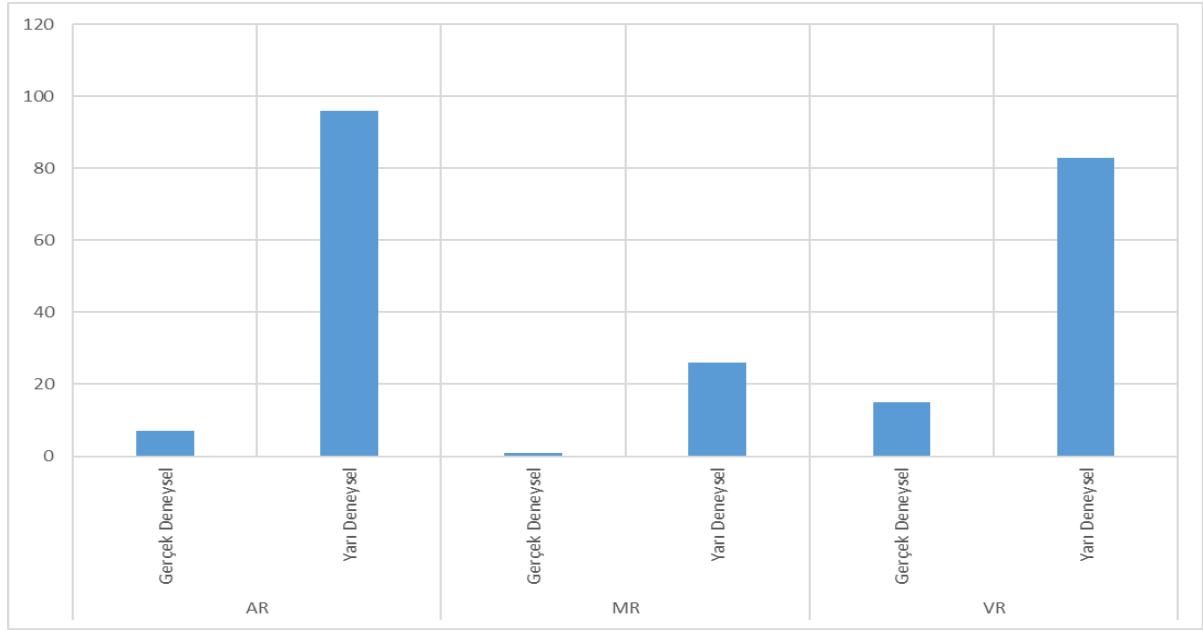


Şekil 4.31. Gerçeklik çeşidine göre yayın türleri ve çalışma sayıları

Genişletilmiş gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen çalışmalarda en fazla yayın türünün 153 ile makale olduğu, ikinci sırada 38 ile yüksek lisans tezi olduğu ve 26 ile üçüncü sırada doktora tezi olduğu görülmektedir. Bildiriler sadece karma gerçeklik meta-analizine dahil edildiği için yayın türü olarak en az sayıda çıkmıştır.

Araştırmaların desenleri

Gerçeklik türlerinin her biri için ayrı olarak desen türüne göre ne kadar çalışma olduğunu gösteren veri Şekil 4.32’de sunulmuştur

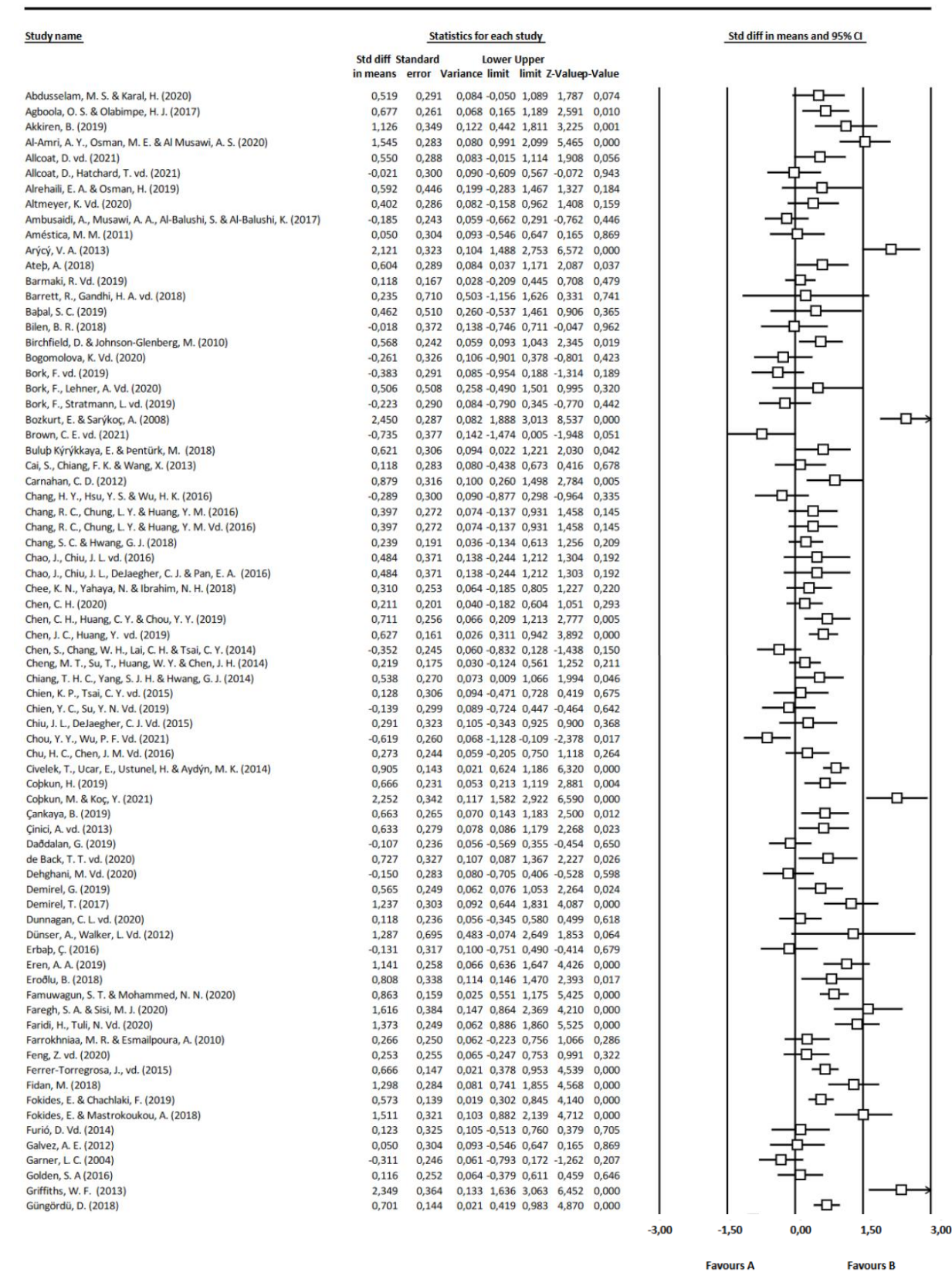


Şekil 4.32. Gerçeklik çeşidine göre yayınların araştırma desenleri

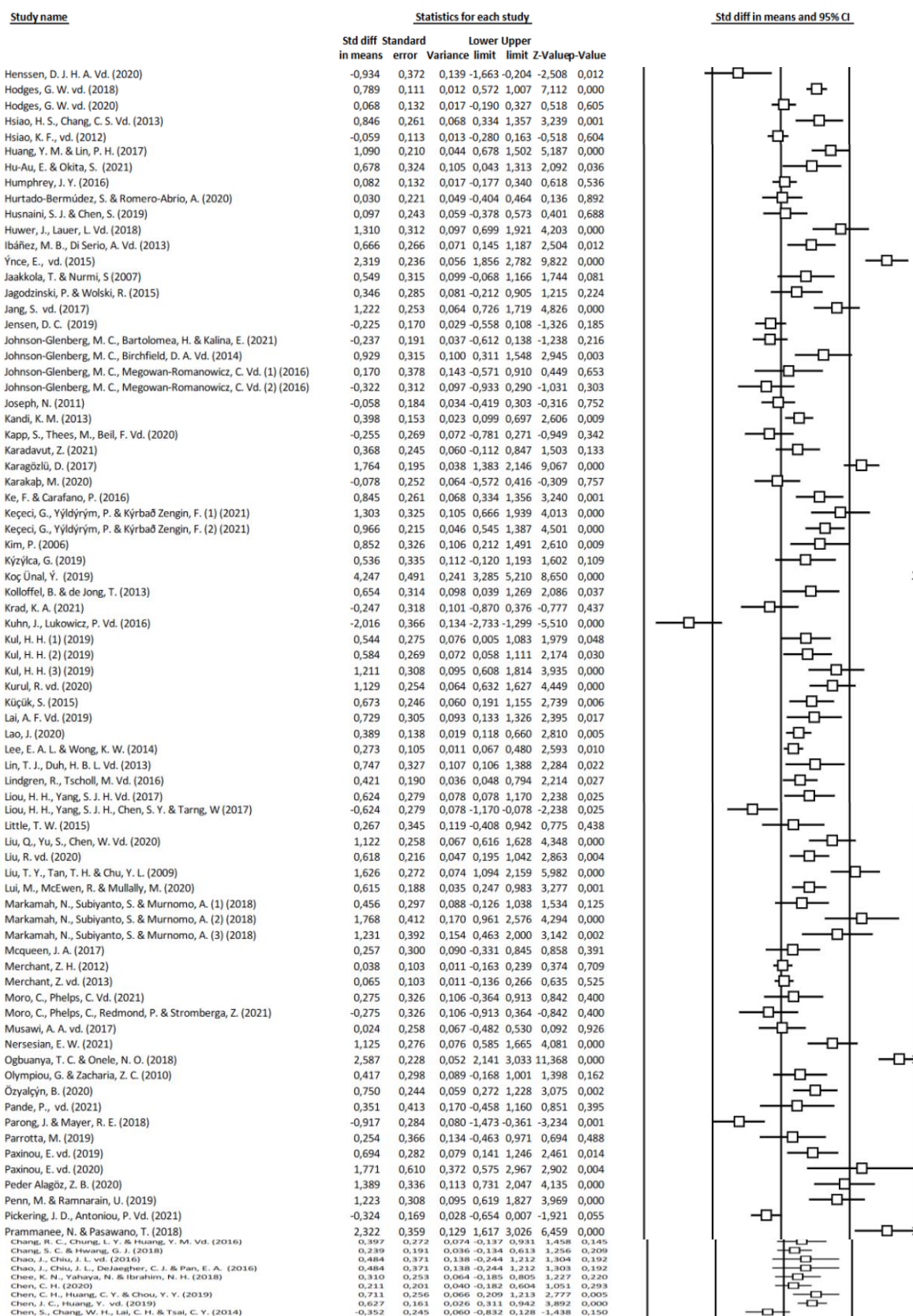
Şekil 4.32’ye göre genişletilmiş gerçeklik uygulamalarına dair yapılan deneysel çalışmaların büyük bir kısmının yarı deneysel desende yürütüldüğü görülmektedir.

4.4.2. Genel etki büyüklüğü

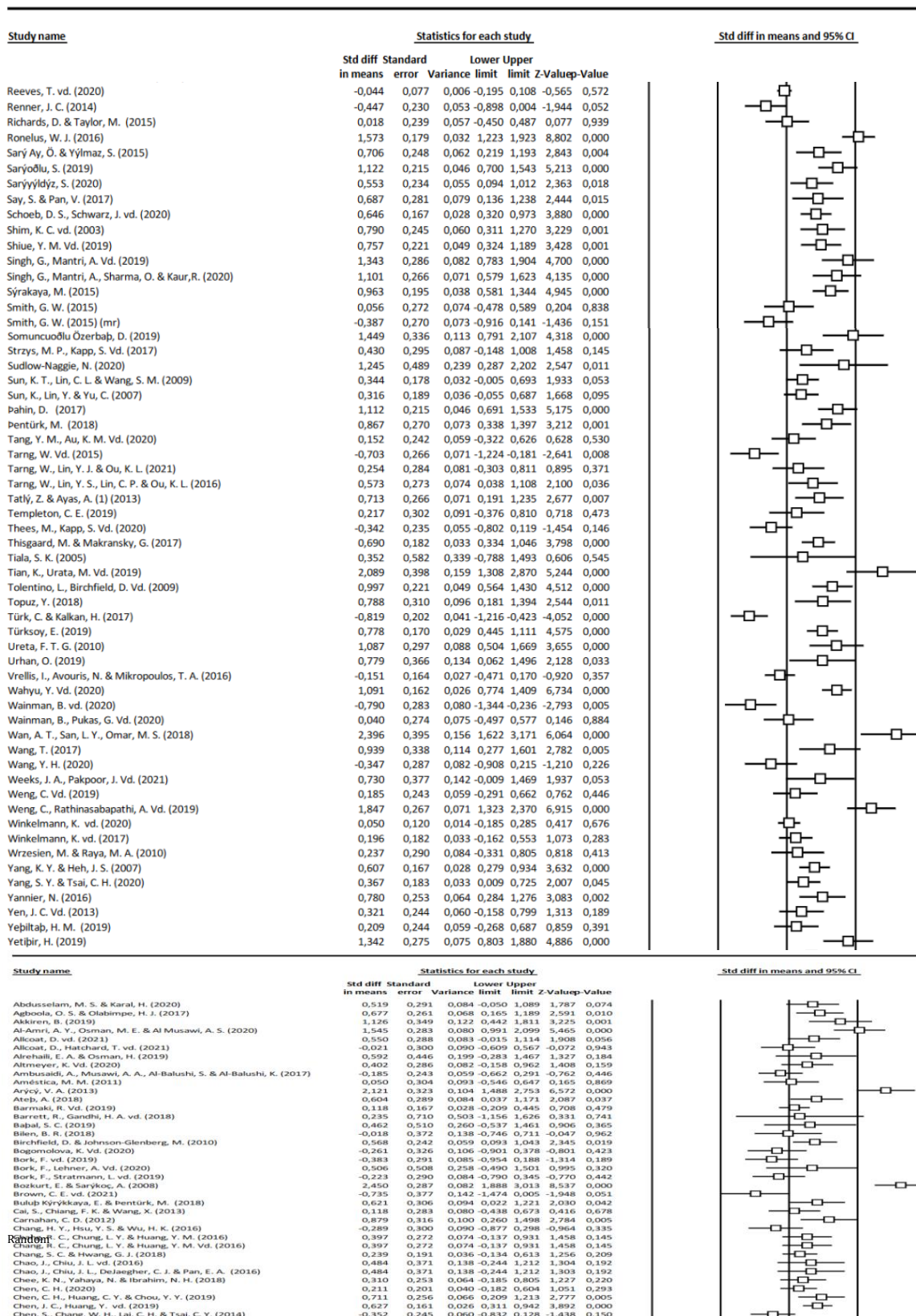
Genişletilmiş gerçeklik kullanımının fen başarısı üzerindeki etkiyi belirleme amacıyla, genişletilmiş gerçeklikle ilgili yürütülen ve meta-analize dahil edilen çalışmalarının bireysel etki büyüklükleri ve tüm çalışmaların uygun yöntemlerle bir araya getirilmesiyle ortaya çıkan genel etki büyüklüğü hesaplanmıştır. Genişletilmiş gerçekliğin fen başarısına etkisinin incelendiği 218 çalışma ve 225 farklı etki büyüklüğü meta-analize dahil edilmiştir. Şekil 4.33’te genişletilmiş gerçekliğe ait etki büyüklüğü ve güven aralığına ilişkin nokta tahminleri orman grafiği formatında gösterilmektedir.



Şekil 4.33. Geniştirilmiş gerçeklik orman grafiği



Şekil 4.33. (Devami)



Şekil 4.33. (Devamı)

Şekil 4.33 bütüncül olarak incelendiğinde değerlerin -2.016 ve 4.247 arasında dağıldığını, çalışmalarından 187 tanesinin (%83) diğer yöntem veya araçlara kıyasla genişletilmiş

gerçeklik kullanımı lehine pozitif etki gösterdiği görülmektedir. 225 çalışmanın 38 tanesi (%17) ise genişletilmiş gerçeklikle ilgili negatif sonuçlar vermiştir. Genişletilmiş gerçeklikle yapılan ve analize dahil edilen 218 çalışmadan elde edilen 225 etki büyüklüğü değerinin sentezlenmesiyle elde edilen genel etki büyüklüğüne ilişkin veri Çizelge 4.51’de sunulmuştur.

Çizelge 4.51. Rastgele etkiler modeline göre genişletilmiş gerçeklik genel etki büyüklüğü

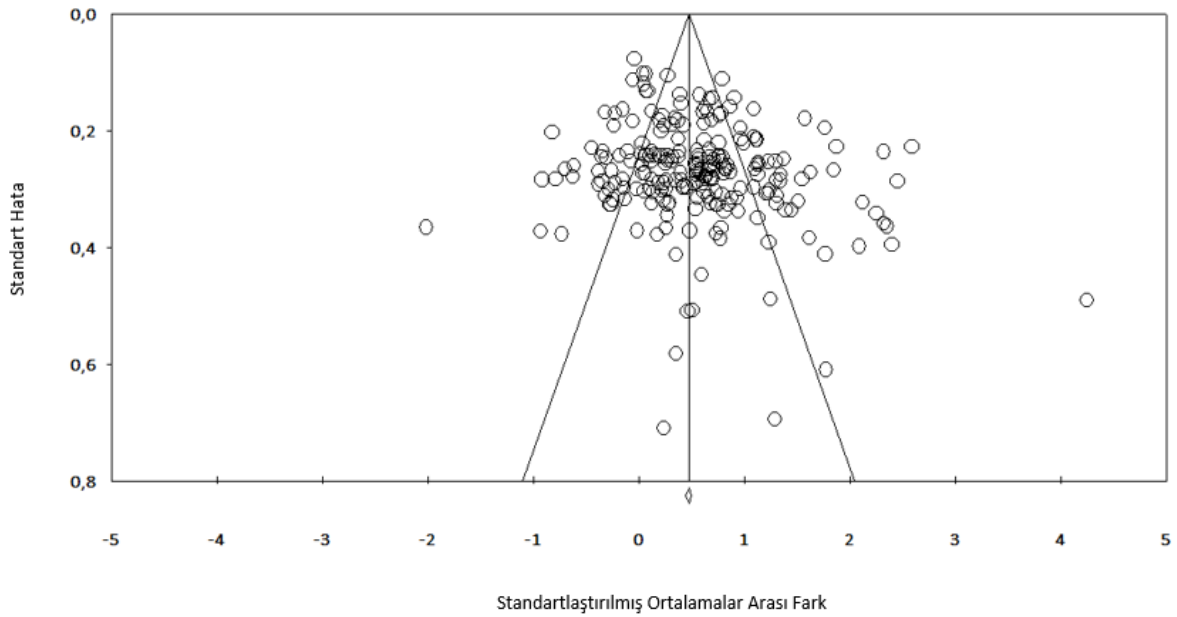
Model	Cohen’s d	Standart Hata	Varyans	Alt Limit	Üst Limit	Z	p
Rastgele Etkiler	0.553	0.042	0.002	0.471	0.635	13.249	0.000

Rasgele etkiler modeline göre hesaplanan verilerin yer aldığı Çizelge 4.51 incelendiğinde genişletilmiş gerçeklik uygulamalarının fen başarısı üzerinde etki büyüklüğünün 0,553 olduğu görülebilir ($Z=13.249$, $p<0,05$). Bu değer, genişletilmiş gerçekliğin fen başarısı üzerinde orta büyüklükte bir etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Güven aralıkları için alt limit 0,471; üst limit ise 0,635 bulunmuştur.

4.4.3. Yayım yanlılığı analizleri

Küçük örneklemli ve küçük etki büyüklüğüne sahip çalışmaların genellikle anlamlı sonuçlar çıkarmaması ve istatistiksel gücünün zayıf olması gibi sebepler, bu çalışmaların meta-analizlerde temsil edilmemesine ve bu da yayım yanlılığına sebep olmaktadır (Lipsey ve Wilson, 2001). Yayım yanlılığını değerlendirmek için huni grafiğinin (funnel plot) simetrik olma durumu görsel olarak incelenebilir. Bunun dışında güvenli N değeri, Egger testi, Begg ve Mazumdar sıra korelasyonu testi, Duval ve Tweedie’nin kırp ve doldur yöntemleri opsiyonel olarak kullanılabilir.

Genişletilmiş gerçeklikte analize dahil edilen yayınların yayım yanlılığını incelemek amacıyla Şekil 4.34’te huni grafiği verilmiş ve Rosenthal’in güvenli N ve Orwin’in güvenli N testlerine ait sonuçlar sunulmuştur. Şekil 4.34’teki huni grafiği incelendiğinde çalışmaların üst kısımlarda sıklaştığı yani standart hatalarının düşük olduğu ve genel olarak simetrik bir görünüm sergilediği söylenebilir. Huni grafiğini tek başına incelemek yayım yanlılığı için yeterli olmadığından, diğer testlere ait sonuçlar da sunulmuştur.



Şekil 4.34. Genişletilmiş gerçeğe ait huni grafiği

Yayım yanlılığın tespitinde Rosenthal'in güvenli N değeri kullanılmıştır. Güvenli N değeri, elde edilen etki büyüklüğü değerinin istatistiksel olarak anlamlı olmayan hale getirilmesi için gerekli olan çalışma sayısını verir. Güvenli N değeri veri seti için $N_R=9216$ olarak bulunmuştur. $N_R > 5k+10$ olduğunda meta-analizin yayım yanlılığının düşük olduğu yorumu yapılabilir (Rosenthal, 1995). Çalışma sayısı yani $k=225$ olduğu için $9216 > 1135$ sonucu elde edilir ve yayım yanlılığı düşüktür denilebilir.

Orwin'in güvenli N yöntemi de etki büyüklüğü değerinin önemsiz bir değere çekilmesi için gerekli olan yayımlanmamış çalışma sayısını belirtir. Örneğin etki büyüklüğü değerini 0,001 seçtiğimizde, etki büyüklüğü değerini 0,001'in altına düşürmek için gerekli olan yayımlanmamış çalışma sayısı 2608 olarak çıkmaktadır. Mevcut durumda literatürde genişletilmiş gerçeğin fen başarısına etkisini deneysel olarak ölçen 2608 tane daha çalışma bulunamayacağı için, genişletilmiş gerçeklik için yürütülen meta-analizde yayım yanlılığı yoktur diyebiliriz.

5. TARTIŞMA

Bu bölümde artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, karma gerçeklik ve genişletilmiş gerçeklik ile ilgili bulgular, literatür eşliğinde tartışılmıştır.

5.1. Sanal Gerçeklik ile İlgili Tartışma

Sanal gerçeklikle ilgili çalışmaların 2000’li yıllarda az da olsa yapılmaya başlandığı, özellikle 2013 yılı ve sonrasında ivmelenerek arttığı görülmektedir. Digi-Capital’in sanal gerçeklik ve artırılmış gerçekliğe yapılan yatırımları grafikleştirdikleri raporlarında 2006’dan 2012 yılına dek çok az ve düşük yatırımlar yapıldığı, 2013 yılı ile biraz artmaya başladığı ve 2014 yılında yatırımların 6 kat arttığı ve sonraki yıllarda da artışın devam ettiği ifade edilmiştir (Merel, 2015). HMD’lerin 2012 yılı ve sonrasında büyük ilgi görmeye başlaması, üretici firmaların birkaç milimetre kalınlığında HMD üretmeleri, Google’ın Project Glass’ı ile kablosuz, medya oynatıcılığı ve küçük dijital kameralı HMD’lerin piyasaya sürülmesi (Kiyokawa, 2012) ve özellikle 2016 yılı ve sonrasında üretici firmaların yeni HMD cihazları üretmesi (Martín-Gutiérrez, Mora, Añorbe-Díaz ve González-Marrero, 2017) gibi sebepler fen eğitiminde de sanal gerçeklik çalışmalarındaki artışı açıklamaktadır. Ancak bu tür teknolojik gelişmelerin ve yatırımların askeriye, eğlence, sağlık sektörleri gibi öncelikli alanları olduğu ve daha sonra eğitime yönelik özel içeriklerin kullanıldığı, ayrıca bu teknolojik araçların kullanımında teknik pek çok problemin de ortaya çıktığı göz önünde bulundurulduğunda, genişletilmiş gerçeklik araçlarının daha kat etmesi gereken uzun bir yol vardır.

Meta-analize dahil edilen sanal gerçeklik çalışmalarının büyük kısmı ABD’de, Türkiye’de ve Tayvan’da yapılmıştır. Meta-analizde tarama yaparken dil olarak İngilizce ve Türkçe seçildiği için, Türkiye’de yapılan çalışmaların bu meta-analizde büyük yer kaplaması olasıdır. Tayvan ise 1970’li yıllardaki Bilim ve Teknoloji Bakanlığı’nın attığı adımlar sayesinde Hsinchu-Taipei bölgesinde kurdukları ve 400’den fazla bilişim şirketi bulunduran, National Tsing Hua Üniversitesi ve National Chiao Tung Üniversitesinin yanına kurarak Silikon Vadisi’ndeki modeli benimseyen Hsinchu Science Park sayesinde bilişim ve teknoloji alanlarında çok büyük girişimlere imza atmaktadırlar (Hsinchu Science Park, b.t.). Literatür incelendiğinde de akademik çalışmaların çok büyük bir kısmının Tayvan’da

yapılıyor olmasının en önemli sebeplerinden birisi budur. Ancak diğer ülkelerden elde edilen çalışma sayısı çok düşüktür. Bunun sebeplerinden birisi bu ülkelerde teknolojiye yapılan yatırımların az olması olabileceği gibi bu meta-analiz kapsamındaki ülkelerin anadillerinde tarama yapılmaması da olabilir.

Sanal gerçekliğin fen başarısına olan etkisini inceleyen deneysel çalışmaların meta-analizi sonucu elde edilen genel etki büyüklüğü 0,531 çıkmıştır. Bu durum, sanal gerçekliğin fen başarısı üzerinde orta büyüklükte bir etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Wu, Yu ve Gu'nun (2020) masaüstü sanal gerçeklik ile daha çevreleyici olan HMD'lerin öğrenme performansı üzerindeki etkililiğini inceledikleri meta analiz çalışmalarında; 11 yayını dahil ettikleri meta-analiz sonucu fen eğitiminde çevreleyici sanal gerçekliğin etki büyüklüğü değeri $g=0,383$ (orta) bulunmuştur. Howard, Gutworth ve Jacobs'un (2021) herhangi bir alana has olmayan, sanal gerçeklikle yapılan uygulama/alıştırma programlarının etkililiğiyle ilgili yaptıkları meta-analiz çalışması sonucunda 0,541 genel etki büyüklüğüne ulaşmışlardır. Küçük Avcı, Çoklar ve İstanbullu'nun (2019) 3 boyutlu sanal ortamlarla ilgili yürüttükleri ve alana has olmayan 20 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmasında genel etki büyüklüğü değeri 0,327 (küçük etki) bulunmuş. Merchant, Goetz, Cifuentes, Keeney-Kennicutt ve Davis'in (2014) sanal gerçeklikle yürütülen öğretimin K-12 ve yüksek öğretimde öğrenme çıktılarına etkisi inceleyen meta-analiz çalışmalarında fen, matematik, sağlık ve diğer alanlar olmak üzere 4 temel bilimi ele almışlardır. Her bir alan için ayrı olarak etki büyüklüklerini vermeseler de oyun, simülasyon ve sanal dünya olarak kategorize edilen sanal gerçeklik araçlarında genel etki büyüklüğünün ortaya yakın küçük ve orta büyüklükte olduğu ve öğrenme çıktılarını artırdığı sonucuna ulaşılmıştır (oyun için $g=0,51$; simülasyon için $g=0,41$; sanal dünya için $g=0,41$). Sitzmann'ın 2011 yılındaki meta-analiz çalışmasında simülasyon oyunlarının açıklayıcı bilgi, işlemsel bilgi ve hatırlama olarak 3 öğrenme çıktısı üzerindeki etki büyüklüklerini sırasıyla $d=0,28$; $d=0,37$ ve $d=0,22$ olarak, yani küçük etki büyüklüğü kategorisinde bulmuştur. Ancak bu meta-analize dahil edilen yayınlar yetişkin katılımcılarla yürütülen deneysel desenlerde yürütülmüştür ve K-12 düzeyi dahil edilmemiştir. Sanal gerçeklik, geleneksel öğretime kıyasla etkileşim, çevreleme, uyarıcıların miktarı, daha gerçekçi ve anlamlı bağlamlar yaratma, deneyim ve deneyimi çok sayıda gerçekleştirme imkânı sunma gibi pek çok faktör açısından çok daha avantajlıdır. Yapılandırmacı paradigma temelinde de sanal gerçeklik; öğrenme süreçlerini ve onun bağlamlarını daha kontrollü hale getirilmesini sağlayarak, bağlam ve beden arasındaki etkileşimi artırır ve bilişsel yapılara ve bilgiye ulaşmayı yardımcı olan deneyimler sunar

(Aiello, D'elia, Di Tore ve Sibilio, 2012). Sanal gerçeklik araçları sıradanlığı ortadan kaldırarak öğrencilerin öğrenme deneyimine karşı ilgisini çeker ve motivasyonlarını da artırır (Freina ve Ott, 2015). Böylece sanal gerçekliğin bilişsel alan kadar eğlence, motivasyon, etkileşim, bulunuşluk, pozitif öğrenme ortamı oluşturma gibi özellikleri sayesinde duyuşsal alanı da etkinleştirme ve öğrenmeyi daha kalıcı hale getirme gibi özellikleri olduğu söylenebilir. Başka bir açıdan yaklaştığımızda ise sanal gerçekliğin fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğünü orta derecede çıkmasının sebebi Mayer'ın (2009) 'Çoklu Ortam Bilişsel Öğrenme Teorisi' ve Sweller'in (1988) 'Bilişsel Yük' teorisi ile açıklanabilir. Sanal gerçekliğin kullanıldığı deneysel çalışmaların %17'sinde kontrol grubu lehine bulgulara ulaşılmıştır. Çoklu ortamın bilişsel öğrenme teorisine göre bilginin metin, imaj ve ses gibi farklı temsillerle sunulması kişilerin sözel ve görsel işleme sistemlerini aktif biçimde kullanmalarını ve geleneksel yöntemlere kıyasla daha iyi öğrenmelerini sağlamaktadır. Ancak sanal gerçeklik gibi farklı bir gerçekliğin oluşturulduğu ortamlarda bilişsel yükü artıracak yüksek duyarlılıklı grafik ve animasyonların fazla sayıda ve konuyla ilişkisiz olma durumları, deneysel çalışmalarda olumsuz sonuçlar elde edilmesine sebep olabilir. Özellikle soyut ve mikro-makro düzeydeki dünyaların, çok sayıda değişkenin olduğu karmaşık konuların temel alındığı fen alanında farklı gerçeklik uygulamalarının geliştirilmesinde bilişsel yük teorisine önem verilmelidir.

Sanal gerçekliğin fen başarısına etkisini ölçen deneysel çalışmaların makale ($d=0,504$), yüksek lisans tezi ($d=0,925$) veya doktora tezi ($d=0,489$) olması durumu moderatör olarak incelenmiş ve anlamlı bir moderatör olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Makale ve doktora tezlerinde etki büyüklüğü değerleri birbirine yakın, orta ve orta düzeye yakın olarak çıkmış, yüksek lisans tezleri için ise etki büyüklüğü değeri büyük çıkmıştır. Meta-analize dahil edilen makalelerin hepsi hakem değerlendirilmesinden geçmiş, büyük bir kısmı ise spesifik indekslere sahip akademik dergilerde yayınlanmıştır. Bu durum makalelerin kalitesi hakkında fikir vermektedir. Yüksek lisans ve doktora tezleri de alanlarında uzman olan bilim insanlarının süpervizyonluğunda detaylı değerlendirmeler sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda yayın türünün farklılaşması, ortalama etki büyüklüğünün farklılaşmasına sebep olmamaktadır. Ancak doktora tezleri için yapılan çalışmalar uzun soluklu olmakla birlikte, bir komite eşliğinde 6 aylık periyotlarla değerlendirilmekte ve alan uzmanlarının görüşleri doğrultusunda nihai ürün çıkmadan olası sorunlar giderilmektedir. Yüksek lisans tez yazım süreci ise daha kısadır ve süreci sadece danışman denetlemektedir. Yüksek lisans tezlerinden

elde edilen ortalama etki büyüklüğü değerinin diğerlerine kıyasla yüksek olmasının sebebi bu olabilir.

Deneysel çalışmaların gerçek deneysel ve yarı deneysel desende yürütülmesi bir moderatör olarak incelenmiştir. Çalışmaların bu kriterle göre kategorileştirilmesi sonucu ortaya çıkan etki büyüklüklerinin birbirine yakın ancak anlamlı olmadığı görülmüştür. Gerçek deneysel desenle yürütülen çalışmalardan elde edilen ortalama etki büyüklüğü değeri 0,562 iken, yarı deneysel çalışmalardan elde edilen etki büyüklüğü değeri 0,527 olarak bulunmuştur. Sosyal bilimler ve eğitim alanlarında yürütülen deneysel çalışmalarda gerçek deneysel desenin benimsenmesi, kontrollü bir laboratuvar ortamında yürütülen deneysel çalışmalardan farklıdır. Örneklemin insanlardan oluşması çok farklı ve kontrol edilmesi zor değişkenlerin devreye girmesine sebep olmaktadır. Etik konular, eğitim ortamlarının karmaşık yapısı ve sınırlı kaynak bulunması gibi sebepler gerçek deneysel desenlerin yürütülmesini zorlaştırmaktadır. Eğitim alanında sıklıkla iyi kontrol edilen, net araştırma sorularının ve hipotezlerinin bulunduğu, uygun ve istatistiksel gücü yüksek örneklemin seçildiği, müdahalenin etkisini ölçen uygun desenin seçildiği ve yine uygun istatistiksel testlerin kullanıldığı yarı deneysel çalışmalar tercih edilmektedir. Mevcut çalışma bağlamında kalitenin temel alındığı yayınlarda desenin farklılaşması durumunun, ortaya çıkan sonucu değiştirmedeği görülmektedir.

İlkokul, ortaokul, lise ve yükseköğretimde uygulanan sanal gerçekliğin fen başarısına etkisiyle ilgili yayınların ayrı ayrı genel etki büyüklükleri ve anlamlılığı incelenmiştir. Okul düzeyinin anlamlı bir moderatör olmadığı görülmüştür. Tüm düzeylerdeki etki büyüklüğünün ortaya yakın ve orta etki büyüklüğüne sahip olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. İlkokul için 0,732; ortaokul için 0,636; lise için 0,510 ve yükseköğretim için 0,439 etki büyüklüğü değerlerine ulaşılmıştır. Howard, Gutworth ve Jacobs'un (2021) meta-analiz çalışmalarında katılımcı popülasyonu çocuklar/gençler, kolej öğrencileri, özel örneklem ve yetişkinler olmak üzere 4 kategoride meta-regresyonla incelenmiş ancak yordayıcıları istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır. Küçük Avcı, Çoklar ve İstanbul'un (2019) 3 boyutlu sanal ortamların akademik başarıya etkisini inceledikleri meta-analiz çalışmalarında da okul düzeyi moderatör olarak alınmış. İlkokul için etki büyüklüğü değeri 0,151; ortaokul için 0,568; lise için 0,006 ve lisans düzeyi için 0,433 bulunmuş ancak bu moderatörün anlamlı olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Ancak bu iki çalışma fen bilimlerine özel değildir.

Ortaokul sınıf düzeyi 6, 7 ve 8. sınıflar olmak üzere moderatör olarak belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda 7 ve 8. sınıflar için etki büyüklüğünün yüksek (7. sınıflar için $d=0,999$ ve 8. sınıflar için $d=0,924$), 6. sınıf için orta düzeyde ($d=0,502$) olduğu ancak ortaokul sınıf düzeyinin anlamlı bir moderatör olmadığı görülmüştür. Hite ve diğerlerinin (2019) sanal gerçeklikle fen öğretiminde 6 ve 9. sınıfların bilişsel gelişimi ve bulunuşluk algıları arasındaki ilişkiyi inceledikleri araştırmalarında, bu iki sınıftaki öğrencilerin puanları arasında anlamlı bir fark olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Yani sanal gerçeklikle fen öğrenirken 6. sınıf öğrencileri ve 9. sınıf öğrencileri benzer düzeyde bulunuşluk hissine sahip olmuşlardır. Sanal gerçeklikte bulunuşluk hissini sağlanması, öğrenmenin etkililiğini artırmaktadır (Hwang, Chang ve Chien, 2022). Özdemir ve Öztürk'ün (2022) sanal gerçekliğin akademik başarı, bulunuşluk ve öğrenci etkileşimine etkisini ve bu değişkenler arasındaki ilişkiyi inceledikleri araştırmalarında, bulunuşluk ve akademik başarı arasında anlamlı ve yüksek bir ilişki bulunmuştur. Piaget'nin bilişsel gelişim teorisine 6, 7 ve 8. sınıf öğrencileri soyut işlemler dönemine geçmiş veya geçmekte olan öğrencilerdir. Bu bağlamda fen öğretiminde sanal gerçeklik kullanımı her sınıf için anlamlı sonuçlar ortaya çıkarmakta ve herhangi bir sınıf düzeyi için ayırım yapmaya gerek kalmamaktadır. Burada önemli olan sanal gerçeklik teknolojisinin, bilişsel yükü azaltacak ve bulunuşluk hissi, kontrol, etkileşim gibi yapılara önem verecek şekilde dizayn edilmesidir.

Fizik, kimya ve biyoloji olarak kategorilere ayrılan yayınların ortalama etki büyüklükleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığı incelendiğinde; özellikle fizik disiplindeki yayınlardan elde edilen ortalama etki büyüklüğü değerinin ($d=0,758$) yüksek çıktığı ve disiplin moderatörünün anlamlı olduğu görülmüştür. Biyoloji ($d=0,340$) ve kimya ($d=0,394$) disiplinleri için etki büyüklüğü değerleri ortaya yakın olacak şekilde küçük düzeyde çıkmıştır. Dinamik, elektrik, astronomi gibi alanlardaki fenomenlerin temelinde çok sayıda teorik modeller ve yasalar bulunmaktadır ve genellikle soyut bir formda öğretilirler. Gerçek dünyadaki ortamı ve yasaları birebir şekilde simüle edebilen sanal ortamlar sayesinde sebep sonuç ilişkileri görülebilir ve fizik yasalarının nasıl çalıştığı görselleştirme yardımıyla daha somut hale getirilebilir. Objelerle ilgili daha önceden gözle görülemeyen ilişkilerin görselleştirilmesi ve bu ilişkiyi ortaya çıkaran durumların manipüle edilebilmesi bilginin edinimindeki itici güç olabilir (Abich, Parker, Murphy ve Eudy, 2021). Etkileşimli simülasyonlar öğrencilerin fizikteki kompleks kavramları ve fenomenleri, değişkenleri manipüle ederek daha çevreleyici bir ortamda anlamlı bir biçimde keşfetmesini sağlar.

Maddesel dünyayla ilgili 3 boyutlu bilginin sanal gerçeklikle sunulması, uzamsal bağlamda öğrencilerde oluşabilecek dışsal bilişsel yükün de azalmasına sebep olur (Chen, 2006). Debs'in (2021) 2 yıl boyunca yürüttüğü bir çalışmada Newton yasaları ve elektro-manyetik görselleştirme üzerine kavram yanlışlarının giderilmesi için sanal gerçeklik araçları kullanılmış ve kontrol grubuna kıyasla sanal gerçeklik kullanan öğrencilerde istatistiksel olarak anlamlı gelişme olduğu görülmüştür. Bu bağlamda sanal gerçekliğin fizik disiplninde kullanımı hem hedef kazanımlara ulaşmada hem de kavram yanlışlarını gidermede etkili düzeyde olduğu söylenebilir.

Kullanılan sanal gerçekliğin türü moderatörünün istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Çalışmada sanal gerçeklik türleri sanal dünya, sanal ve eğitici oyun, simülasyon ve temsil olarak sınıflandırılmıştır. En yüksek etki büyüklüğü değerinin simülasyonda ($d=0,634$) olduğu ve ikinci sırada ise sanal ve eğitici oyun ($d=0,550$) türünde olduğu görülmüştür. Sanal dünya ($d=0,132$) ve temsil ($d=0,196$) türlerinin etki büyüklükleri ise küçük düzeyde çıkmıştır. Simülasyonlar kullanıcıların duyuşsal ve bilişsel süreçlerine dahil olup öğrenmeye yardımcı olduğu bilinmektedir (Tennyson ve Jorczak, 2008). Simülasyonlar objelerin manipülasyonunu sağlayarak laboratuvar etkinliklerini olabildiğince gerçek biçimde sunulmasını sağlar. Ayrıca malzeme tedarik maliyetlerinin düşürülmesini, zor ve tehlikeli laboratuvar çalışmalarının gerçekleştirilmesini sağlar. Vogel ve diğerlerinin (2006) çalışmasında sanal gerçeklikteki etkinliğin türü moderatörü simülasyon, oyun ve ikisi birlikte olarak incelenmiş ve her üçünün de etki büyüklüğünün yüksek ancak anlamlı olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Ancak bu çalışma 2006 yılında yapılmıştır ve fen bilimlerine özel bir çalışma değildir. Rutten, van Joolingen ve van der Veen'in (2012) fen eğitiminde bilgisayar simülasyonlarına yönelik yaptığı sistematik derleme çalışmasında, deney grubunda simülasyon olan yayınlarda pozitif bulgulara ulaşıldığı ve simülasyonun öğrenmede büyük kazanımlar sağladığı sonucuna ulaşmışlardır. Wu, Yu ve Gu'nun (2020) masaüstü sanal gerçeklik ile daha çevreleyici olan HMD'lerin öğrenme performansı üzerindeki etkililiğini inceledikleri meta analiz çalışmalarında; simülasyon, temsil ve oyun kategorilerinde en büyük etki büyüklüğü değerinin simülasyonda ($g=0,45$) olduğu bulunmuştur. Teknolojik araçların gelişimi o yıllardan itibaren hızla devam etmekte, görüntü ve işlem gücü artan, çevreleme derecesi artmış daha gerçekçi sanal gerçeklik uygulamaları üretilmektedir. Bu durum, zamanın gerekliliklerine uygun sınıflandırmalara ve incelenen alana has değerlendirmelere olan ihtiyacı ortaya koymaktadır.

Kontrol grubuna uygulanan yöntemler veya araçlar moderatör olarak incelenmiş, 2 boyutlu görsel ($d=0,198$), alternatif multimedya araçları ($d=0,070$), geleneksel yöntem ($d=0,682$), laboratuvar yöntemi ($d=0,607$) ve somut/3 boyutlu model ($d=-0,798$) olmak üzere 5 kategoriye göre ortalama etki büyüklükleri ortaya çıkarılmıştır. Kontrol grubunda uygulanan 4 kategoriye göre deney grubuna sanal gerçeklik uygulanması, deney grubu lehine pozitif sonuçlara ulaşılmasını sağlamıştır. Özellikle kontrol grubunda geleneksel yöntem kullanıldığında sanal gerçekliğin fen başarısını artırmadaki etki büyüklüğünün diğerlerine kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Wu, Yu ve Gu'nun (2020) alana spesifik olmayan meta analiz çalışmalarında da kontrol grubuna düz anlatım yapıldığında ortalama etki büyüklüğünün en yüksek değer olarak 0,782 çıktığı bulunmuştur. Merchant ve diğerlerinin (2014) meta-analiz çalışmasında da sanal gerçeklikle yürütülen öğretimin geleneksel yöntem ve 2 boyutlu görsellerle yapılan öğretime kıyasla öğrenme çıktıları daha fazla artırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Merchant ve diğerlerinin çalışmasından farklı olarak bu çalışmada kontrol grubuna somut ve 3 boyutlu modellerin uygulanması kategorisi de bulunmaktadır. Bu kategoriye göre etki büyüklüğü $d=-0,798$ bulunmuştur. Yani kontrol grubunun somut modeller kullanan öğrenciler sanal gerçeklik kullanan öğrencilere kıyasla fen başarısı daha yüksektir. Objelerin uzamsal olarak zihinde manipüle edilebilmesi oldukça zordur. Olimpo ve diğerlerinin (2015) bir çalışmasına göre 3 boyutlu somut modeller, zihinde 3 boyutlu temsiller oluşturulmasını, görselleştirmeyi ve uzamsal becerileri işe koşmayı çok daha kolay hale getirmektedir. Fen öğreniminde manipülasyon, jest ve mimik gibi bedenleştirilmiş öğrenmeye ait etkinlikler, objeleri sadece gözlemlemekten çok daha etkilidir (Castro-Alonso, Paas ve Ginns, 2019). Stull ve Hegarty'nin (2016) organik kimya dersinde yaptıkları bir araştırmanın sonuçlarına göre ise öğrenciler, modellerin öğrenme ortamında bulunması ve kullanılması durumunun, modellerin olmamasına kıyasla öğrenmeyi artırdığını ancak modelin somut veya sanal olmasının öğrenmeyi artıma bakımından eşit olduğu, yani bir farklılık yaratmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Sanal gerçeklikteki modellerin kullanımının daha etkili ve verimli olduğu ve bunun sebebinin de görevle ilgisiz manipülasyonları kısıtlaması ve hedef bilginin belirginliğini artırması olarak ifade edilmektedir (Barrett, Stull, Hsu ve Hegarty, 2015). Ancak bu kısıtlama farklı öğrenme ihtiyacı olan veya bilgiyi genişletmek isteyen öğrencilerin engellenmesine de sebep olabilir.

Meta-analize dahil edilen çalışmaların, kullanılan ölçme aracının araştırmacının/öğretmenin geliştirmesi ($d=0,453$) veya standart bir test ($d=0,760$) olması durumuna göre ortalama etki büyüklükleri incelenmiş ve anlamlı bir istatistiksel sonuç elde edilememiştir. Merchant ve

diğerlerinin (2014) K-12 ve yükseköğretimde oyun, sanal dünya ve simülasyonların öğrenmeye etkisine yönelik yaptıkları meta-analiz çalışmasında, oyun ve sanal dünyaların kullanıldığı çalışmalarda ölçme aracının durumunun anlamlı bir moderatör olmadığı bulunmuştur. Ancak simülasyonlar için öğrenme kazanımlarının, araştırmacılar tarafından geliştirilen araçlar kullanıldığında, standartlaştırılmış araçlara göre daha yüksek olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Merchant ve diğerlerinin çalışmaları hem fen bilimlerine özel değildir hem de tüm sanal gerçeklik uygulamaları için genel bir sonuç verilmemiştir.

Sanal gerçeklikte öğrencilere verilen görevin işbirlikli ($d=0,551$) veya bireysel ($d=0,540$) çalışmayı gerektirmesi bir moderatör olarak incelenmiş, iki kategori için elde edilen etki büyüklüğü değerlerinin orta düzeyde ve birbirine çok yakın olduğu ancak bu moderatörün anlamlı olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Jackson ve Fagan'ın (2000) çalışmasında, bir fen konusunun öğretiminde 3 grup farklı işbirlikli tekniklerle sanal gerçeklik deneyimine maruz bırakılmış ve çalışma sonunda son test puanları incelenmiştir. Her üç grubun toplam puanları artmış olsa da katılımcıların bireysel puanları arasında büyük farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bu sonuç aslında bireysel çalışmanın bireysel anlamda daha fazla kazanım sağlayabileceği fikrini akla getirmektedir. Sanal gerçeklik gibi uygulamalar pedagojik bir yöntemden ziyade medya görevi görür. Bilginin ve süreçlerin iletimini sağlayan bir ortamdır. Bu teknolojinin en önemli avantajlarından biri öğrencilere tekrar yapma ve kendi hızlarında öğrenme olanağı sağlamasıdır (Kavanagh, Luxton-Reilly, Wuensche ve Plimmer, 2017). Konunun doğasına uygun olacak biçimde, probleme dayalı veya proje tabanlı yöntemlerde sanal gerçekliğin kullanılması gibi durumlarda işbirlikli öğretim kullanılabilir ancak bir laboratuvar uygulaması veya teorik bir konunun sunumu gibi sanal gerçekliğin medya işlevi gördüğü durumlarda bireysel kullanımın olması daha faydalı olabilir. Sanal dünya gibi avatarlar aracılığıyla birden fazla kullanıcının aynı anda bulunabildiği gerçeklik ortamlarında işbirlikli görevler verilebilir. İşbirlikli sanal gerçeklik deneyimleri, bireysel olanlardan farklı değerlendirilmelidir. Mütterlein, Jelsch ve Hess'in (2018) çalışmasında sanal gerçeklikte işbirliğinin, teknolojik yetkinlikten ziyade işbirliğinin kendisiyle ilgili olduğu ve bu tür gerçeklik uygulamalarının geliştirilmesinde de kişilerin birbirleriyle ve çevresiyle olan etkileşiminin temel alınması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Medya veya yöntem, ikisi de öğrenimi eşlenik olarak ve birbirlerine etki ederek etkiler (Kozma, 1994). Bu konu öğretim tasarımı ile ilgilidir ve işbirlikli veya bireysel olması, konunun doğasına uygun biçimde belirlenmelidir. Merchant ve diğerlerinin 2014 yılındaki sanal gerçeklik meta-analiz çalışmalarında eğitici oyun türündeki sanal gerçeklik uygulamalarında bireysel veya

işbirlikli çalışma moderatörünün anlamlı olduğu ve bireysel çalışanlarda etki büyüklüğünün çok yüksek olduğu bulunmuştur. Simülasyonlarda ve sanal dünyalarda ise bu moderatör, mevcut çalışmada olduğu gibi anlamlı çıkmamıştır.

Öğrencilere verilen görevin gerektirdiği bilgi türü açıklayıcı ve işlemsel olarak iki gruba ayrılmış ve ortalama etki büyüklükleri incelenmiştir. Kullanılan bilgi türünün anlamlı bir moderatör olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. İncelenen 97 çalışmanın 70'inde kullanılan sanal gerçeklik uygulamasının işlemsel bilgi gerektirdiği ve genel etki büyüklüğünün 0,589 olduğu; açıklayıcı bilgi gerektiren 27 çalışmaya ait genel etki büyüklüğünün ise 0,396 olduğu görülmüştür. Özellikle temsil kategorisi altında toplanan 360 derece videolar ve sanal alan gezileri açıklayıcı bilgi gerektirebilir. Simülasyonlar, sanal dünyalar ve sanal ve eğitici oyunlarda ise genellikle objeler manipüle edilebilir ve sebep-sonuç ilişkilerine dayanan ve işlemsel bilgi gerektiren süreçler yer almaktadır. Sanal ortamların fen eğitiminde kullanılmasının en büyük avantajlarından biri soyut ve gözle görülmeyen fenomenlerin incelenmesidir. Bu bağlamda manipülasyona izin veren ve sebep sonuç ilişkilerinin ortaya çıkarıldığı; böylece işlemsel bilgi gerektiren uygulamaların daha etkili olabileceğini söyleyebiliriz. Ancak fen bilimlerine ait her konu için bu geçerli olmayabilir. Örneğin dünyanın farklı ülkelerinde yer alan bölgelerin, fabrikaların, bilim kuruluşlarının, laboratuvarların, müzelerin ve benzeri yerlerin gezilmesi veya astronomi ile ilgili konuların sunumunda sanal gerçekliğin kullanılması da hem mesafe sorunu ortadan kaldırarak maliyet ve lojistik açısından kolaylık sağlar hem de somutlaştırmaya yardım ederek öğrenmeyi kolaylaştırır. Sanal gerçeklik sembolik olmayan biçimde ilk elden deneyimi gerçekleştirerek öğrenmeyi sağlayan bir ortam oluşturur (Winn, 1993). Tüm bunlardan hareketle sanal gerçeklik uygulamasının açıklayıcı veya işlemsel bilgi gerektirmesi, odaklanan disiplin ve konunun yapısıyla ilişkili olabilir. Her içerik sanal gerçeklik kullanımı gerektirmez. Ayrıca sanal gerçeklik gibi araçlar bilginin öğretiminde kullanılan birer medya olduğu için, süreci bir bütün olarak ele alıp hangi öğretim stratejilerinin temel alındığının da incelenmesi gerekmektedir. Sanal gerçeklikteki görevin gerektirdiği bilgi türü başarı için bir kriter olmayabilir. Bunun yerine katılımcıların aktif ve kendi öğrenme stratejilerini kullanmalarını sağlayan öğretim stratejilerin benimsenmesi sanal gerçeklik yazılımlarının başarıyı artırması için daha yararlı bir özellik olarak gözükmemektedir (Hall, Stiles ve Horwitz, 1998). Mikropoulos ve Natsis'in (2011) sanal gerçeklikle ilgili 50'nin üzerinde yayını inceledikleri çalışmalarında çok az çalışmanın sanal gerçeklik kullanımı ve tasarımında benimsedikleri pedagojik modeli açık ve net bir biçimde belirttikleri bulunmuştur.

Sanal gerçeklik kullanımı esnasında öğrenciye geribildirim verilir verilmemesi durumu incelendiğinde geribildirim olduğu durumlar için etki büyüklüğü değerinin 0,469; olmadığı durumlar için ise etki büyüklüğü değerinin 0,549 olduğu ortaya çıkmıştır. Ortalama etki büyüklüklerinin birbirine yakın olduğu ve bu moderatörün fen başarısı açısından istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. İlgili literatürde sanal gerçeklikte geri bildirim verilmesinin etkili bir strateji olduğu belirtilmekte ancak farklı sonuçlara ulaşan çalışmalar da bulunmaktadır. Örneğin Makransky ve diğerlerinin (2020) çalışmasında sanal ve eğitici oyun esnasında hem ölçme hem de açıklama amaçlı kullanılan çoktan seçmeli soruların olduğu bir geri bildirim aracının etkililiği incelendiğinde, içsel motivasyonu artırdığı ve sonraki simülasyonlara bilginin transferinde ise büyük ve anlamlı bir etkisi olduğu ayrıca katılımcıların büyük bir kısmı bunu etkili bulduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ginkel ve diğerleri (2020) bilgisayar aracılığıyla geri bildirim vermenin uzman aracılığıyla geri bildirimle kıyasla hem öğrencilere daha fazla uygulama yapma şansı verdiğini hem de zaman, personel gibi kaynaklar konusunda daha az baskı oluşturduğu sonucuna ulaşmışlardır. Hsu, Tseng ve Kang'ın (2018) sanal gerçeklikte geri bildirim kullanılmasıyla ilgili bir çalışmada kullanılan geri bildirim öğrencilerin çevreyi korumayla ilgili önleyici davranışlara aktif bir biçimde dahil olmalarını sağladığı sonucu çıkmıştır. Fulvio ve Rokers'in (2017) çalışmasında dışsal görsel geri bildirim verilen katılımcıların performansının arttığı görülmüştür. Yang, Lin, Cheng, Yang ve Ren'in (2019) elektroensefalografik sinyaller göndererek bir gruba 'hatırlatıcı geri bildirim', diğer gruba 'teşvik edici geri bildirim' verdiklerinde, konsantrasyonlarının yeterli olmadığını bildiren hatırlatıcı geri bildirim alan grubun çok daha iyi performans gösterdiklerini bulmuşlardır. Barmaki ve Hughes'in (2015) çalışmasında ise geri bildirim işe yaradığı ama bunun daha çok kullanılan sanal gerçeklik ortamında geçirilen zamanın artması ve daha rahat hissetmekle ilişkili olabileceği söylenmiştir. Strandbygaard ve diğerlerinin (2013) çalışmalarında ise sanal gerçeklik aracının kullanımında hiç geri bildirim verilmeyen grubun, eğitmen tarafından geri bildirim verilen gruba kıyasla daha yüksek performans gösterdiği bulunmuştur. Buradan hareketle kullanılan geri bildirim türüne göre bir inceleme yapılmasının daha etkili sonuçlara ulaşmayı sağlayacağı söylenebilir.

Sanal gerçeklik aracının kontrolünün öğrencide olması veya olmaması durumuna göre kategorize edilen çalışmaların ortalama etki büyüklükleri incelenmiştir. Kontrolün öğrencide olduğu durumlar için etki büyüklüğünün 0,531; olmadığı durumlar için ise etki

büyükliği değerinin 0,492 olduğu ve öğrenci kontrolünün anlamlı bir moderatör olmadığı bulunmuştur. Ancak Vogel ve diğerlerinin (2006) herhangi bir disiplin gözetmeksizin oyun ve etkileşimli simülasyonların bilişsel kazanımlara etkisini inceledikleri meta-analiz çalışmalarında, öğrencilerin karar ağaçları veya yapay zekâ gibi teknikleri temel alan sistemler tarafından otomatik olarak yönlendirilmelerinin geleneksel öğretime kıyasla daha az etkili olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bu bulgu, mevcut çalışmadaki bulguyla ters düşse de bahsi geçen çalışmada örneklem sayısının az olması net bir sonuca varmayı engellemektedir. Bedenleştirilmiş öğrenme teorisine göre vücut ve zihnin yakın ilişkisinden hareketle öğrencinin bir öğrenme etkinliğine kinestetik, dokunsal veya uzamsal biçimde katılması öğrenmeyi olumlu olarak etkilemektedir. Bu teoriden hareketle sanal gerçeklik aracının kontrolünün öğrencide olması ve fiziksel olarak müdahalede bulunabilmesi öğrenmenin etkinliğini artırabilir. Ancak sanal gerçeklik ve çevreleme gücü dikkate alındığında, mevcut görevin bilişsel karmaşıklığının yanı sıra kontrol sorumluluğunun da verilmesi, bilişsel yükün artmasına sebep olabilir. Kontrol mekanizmasının kullanıcıda olması, sanal gerçekliğin hangi disiplin ve konuyla ilişkili olduğuyla yakından ilgili olabilir. Konunun bilgi veya uygulama ağırlığına göre karar verilmesini gerektirebilir.

Sanal gerçekliğin öğretimde hangi amaçla kullanıldığı bir moderatör olarak belirlenmiş ve çalışmalar sunum, uygulama ve bağımsız kullanım olarak kategorilere ayrılmış, ortalama etki büyüklüğü değerleri ve anlamlılık durumu incelenmiştir. Bağımsız kullanımda etki büyüklüğünün 0,522; sunumda 0,306 ve uygulamada 0,587 olduğu görülmüştür. Uygulama amaçlı kullanımda en yüksek etki büyüklüğü değeri elde edilmiştir. Analiz sonucunda sanal gerçekliğin öğretimde hangi amaçla kullanılırsa kullansın başarıyı artırdığı ancak bunun anlamlı bir moderatör olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Merchant ve diğerlerinin (2014) çalışmasında da aynı moderatör, simülasyon ve sanal dünyalar bağlamında incelenmiştir. Bu çalışmaya göre simülasyonların uygulama yapma amacıyla kullanılması, bağımsız olarak kullanılmasına kıyasla başarıyı artırmada daha etkili olduğu bulunmuş; sanal dünyalar için ise istatistiksel olarak anlamlı bir bulgu ortaya çıkmamıştır. Mevcut çalışmada da en büyük etki büyüklüğü değeri, sanal gerçekliğin uygulama yapma amacıyla kullanıldığında ortaya çıkmış, buna yakın bir etki büyüklüğü değeriyle bağımsız kullanım ikinci sırada, sunum ise küçük etki büyüklüğü değeriyle en son sırada yerini almıştır. Sitzmann'ın (2011) meta-analiz çalışmasında da simülasyonun uygulama yapma amacıyla kullanıldığı durumlarda en büyük etki büyüklüğü değeri ortaya çıkmıştır. Yeterli zaman ve uygun ortam verildiğinde sanal gerçekliğin bağımsız kullanımı öz düzenlemeyi artırabilir. Sanal gerçekliğin sunduğu

çevrelemenin ve öğrencilerin etkileşimde sahip olduğu kontrolün öz düzenlemeye etkisi bulunmaktadır (Sakdavong, Burgues ve Huet, 2019). Öğrencilerin kendi hedeflerini belirlemesi, deneme yanılma yöntemiyle sanal gerçeklik ortamında hedefine yönelik etkinlikler gerçekleştirmesi, limitlerini belirlemesi, yansıtma ve öz değerlendirme yapması gibi öz düzenlemeye ilişkin süreçler; bağımsız kullanım sayesinde sağlanabilir.

Sanal gerçeklikte kullanılan görüntü araçları bu gerçekliğin çevreleme derecesiyle ilgili bilgi vermektedir. Masaüstü bilgisayarlar ve mobil cihazlar 2 boyutlu görüntü araçlarıdır ve çevreleme derecesi daha azdır. HMD'ler ve gözlükler ise giyilebilir teknoloji olarak adlandırılabilir ve çevreleme derecesi yüksektir. Meta-analize dahil edilen çalışmalar bu 2 kategori bağlamında kodlanıp ortalama etki büyüklükleri incelenmiş ve birbirine yakın ancak anlamlı çıkmamıştır. Giyilebilir teknoloji için ortalama etki büyüklüğü değeri 0,435; 2 boyutlu görüntü araçlarının kullanıldığı durumlar için ise etki büyüklüğü değeri 0,575 olarak bulunmuştur. Howard, Gutworth ve Jacobs'un (2021)'in herhangi bir alana has olmadan, uygulama ve alıştırma yapma amacıyla kullanılan sanal gerçekliğin görüntüleme araçlarına göre etki büyüklüğündeki varyansı incelemiş, ancak bu moderatörün anlamlı olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Geleneksel veya çevreleme gücü yüksek görüntüleme araçlarından elde edilen etki büyüklükleri bu çalışmada da orta derecede çıkmıştır. Ancak çevreleme gücü yüksek donanım kullanmanın yüksek bir etki büyüklüğü ortaya çıkarmadığı görülmektedir. Wu, Yu ve Gu'nun (2020) masaüstü sanal gerçeklik ile daha çevreleyici olan HMD'lerin öğrenme performansı üzerindeki etkililiğini inceledikleri meta analiz çalışmalarında; HMD kullanımının 0,24 yani düşük bir etki büyüklüğü ile masaüstü olana kıyasla daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sanal gerçeklikle ilgili yapılan çalışmaların büyük bir kısmı sınıf veya laboratuvar gibi okul sınırları dahilinde gerçekleştirilmiştir. 4 çalışma uzaktan (remote) bir şekilde sanal gerçeklik kullanımı tercih ettiği için öğrenme ortamı bir moderatör olarak belirlenmiştir. Yapılan analog ANOVA sonucu öğrenme ortamının anlamlı bir moderatör olduğu, özellikle uzaktan sanal gerçeklik kullanılan çalışmaların fen başarısıyla ilgili genel etki büyüklüğünün ($d = -0,001$) negatif çıktığı görülmüştür. Sınıf içinde sanal gerçeklik kullanımı ile ilgili çalışmaların etki büyüklüğü değeri ise 0,562 olarak bulunmuştur. Nesenbergs, Abolins, Ormanis ve Mednis'in (2021) uzaktan eğitimde sanal ve artırılmış gerçekliğin kullanımına yönelik yaptıkları sistematik derleme çalışmalarının sonuçlarına göre; uzaktan sanal/artırılmış gerçeklik kullanımının performans üzerindeki etkisini inceleyen 24

çalışmadan 11'inde pozitif, 7'sinde negatif ve 6'sında farklılık olmadığı bulunmuştur. Uygulama, uzamsal ve kinestetik becerilerin kullanımının gerektiği uzaktan sanal gerçeklik ortamlarında sonuçların çok iyi olduğu; ancak sanal/artırılmış gerçekliğin sahada yapılan çalışmaların yerini tamamen alamayacağını çünkü ne zaman denense öğrenci notlarının düştüğünü bulunmuştur. Bu sonuçlar sanal gerçeklik kullanımında benimsenen pedagojik yöntemlerin bireysel çalışma üzerine inşa edilmesi veya iş birliği gerektirmesi durumuyla da açıklanabilir. İş birliğinin gerektiği sanal gerçeklik ortamlarına uzaktan bağlanmak ve hem teknolojik hem de akran-uzman desteğini yeterli biçimde alamamak başarının düşmesine sebep olabilir.

5.2. Artırılmış Gerçeklik ile İlgili Tartışma

Artırılmış gerçeklik uygulamalarının fen başarısına olan etkisi 94 çalışmanın ve 100 etki büyüklüğünün bir araya getirilmesi sonucu genel etki büyüklüğü ile değerlendirilmiştir. Bu değer 0,641 bulunmuş ve artırılmış gerçekliğin fen başarısı üzerinde orta etki büyüklüğüne sahip olduğu görülmüştür. Xu ve diğerlerinin (2022) fen bilimleri alanına özel olarak yürüttükleri 39 farklı etki büyüklüğünün olduğu meta-analiz çalışmalarında da genel etki büyüklüğünü 0,737; yani orta etki büyüklüğü olarak bulmuşlardır. Kalemkuş ve Kalemkuş'un (2022) artırılmış gerçekliğin fen başarısına etkisini inceledikleri ve 16 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında genel etki büyüklüğünü 0,643 yani orta etki olarak bulmuşlardır. Zhang ve diğerlerinin (2022) K-12 eğitiminde artırılmış gerçekliğin etkisini inceledikleri ve sadece fen bilimlerine özel olmayan 129 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında genel etki büyüklüğünü $g=0,919$, yani büyük etki büyüklüğü olarak bulmuşlardır. Chang ve diğerlerinin (2022) 134 yarı deneysel çalışmayla gerçekleştirdikleri meta-analiz çalışmalarında, artırılmış gerçekliğin bilgi ve beceri olarak öğrenme çıktılarına etkisinin $g=0,65$ olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Bu çalışma da fen bilimlerine özel bir çalışma değildir. Li ve diğerlerinin (2021) artırılmış gerçekliğin K-12 düzeyinde akademik başarıya etkisini inceledikleri ve 35 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında genel etki büyüklüğünü $g=0,437$ yani orta etki olarak bulmuşlardır. Garzón ve Acevedo'nun (2019) artırılmış gerçekliğin öğrenme üzerindeki etkisini inceledikleri ve 64 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında genel etki büyüklüğünü 0,68 yani orta etki olarak bulmuşlardır. Garzón, Pavón ve Baldiris'in (2019) artırılmış gerçekliğin öğrenme kazanımlarına etkisiyle ilgili yürüttükleri ve 27 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında genel etki büyüklüğünü 0,64 yani orta etki olarak bulmuşlardır. Küçük Avcı,

Çoklar ve İstanbullu'nun (2019) genel olarak eğitim alanındaki yayınlarla yürüttükleri ve 57 makaleyi dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında genel etki büyüklüğünü 0,46; orta etki olarak bulmuşlardır. Özdemir, Şahin, Arcagök ve Demir'in (2018) artırılmış gerçekliğin öğrenci başarısına etkisini araştırdıkları ve 16 yayını dahil ettikleri araştırmalarında genel etki büyüklüğünü 0,517 yani orta düzeyde etki olarak bulmuşlardır. Bu araştırmada hem doğa bilimleri hem de sosyal bilim alanlarındaki yayınlar dahil edilmiştir. Doğa bilimlerine has olan 12 yayının ortalama etki büyüklüğü ise 0,562 yani orta etki olarak bulunmuştur. Akçayır'ın (2018) artırılmış gerçekliğin eğitimde başarıya etkisini incelediği ve 38 yayını dahil ettiği doktora tezinde genel etki büyüklüğünü orta etkiye yakın olacak şekilde $g=0,449$ bulunmuştur. Tekedere ve Göker'in (2016) eğitimde artırılmış gerçekliğin etkililiği üzerine yürüttükleri ve 17 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında genel etki büyüklüğünü 0,667 yani orta etki olarak bulmuşlardır. Bu çalışmaların büyük bir kısmı çok küçük örneklemelere sahiptir. Örneklem küçüklüğü çok fazla varyasyonun ortaya çıkmasına, yayım yanlılığına sebep olduğu gibi moderatör analizlerinin doğru ve kesin olarak yürütülmesine de engel olmaktadır (Garzón ve Acevedo, 2019). Ancak bahsi geçen çalışmaların hepsinde de artırılmış gerçekliğin başarı bağlamında orta derece bir etkiye sahip olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin dersleri geleneksel yöntemlere kıyasla daha eğlenceli hale getirmesi ve bu sayede motivasyonu artırması, etkileşimli bir ortam sunması ve derse katılımı artırması, görüntü ve ses gibi multimodal özelliklerinin olması ile birden fazla duyuya hitap etmesi, mobil araçlar vasıtasıyla kullanım kolaylığı sunması, gerçeklikten tamamen koparmaması, laboratuvar çalışmalarının yanı sıra alan gezilerini de daha kolay yoldan gerçekleştirebilmesi gibi özellikler sayesinde fen başarısını artırma konusunda pozitif ve yüksek sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Yayın türü makale ($d=0,635$), yüksek lisans tezi ($d=0,717$) ve doktora tezi ($d=0,508$) olarak 3 kategoride incelenmiştir. Yayın türü moderatörünün istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Akçayır'ın (2018) artırılmış gerçekliğin eğitimde başarıya etkisini incelediği ve 38 yayını dahil ettiği doktora tezinde yayın türü makale ve tez olarak incelenmiş ve anlamlı bir moderatör olmadığı bulunmuştur. Meta-analize dahil edilen makalelerin hepsi hakem değerlendirmesinden geçmiş ve aynı zamanda büyük bir kısmı yüksek etkiye sahip ve çok atıf alan iyi indeksli akademik dergilerde yayınlanmıştır. Bu durum makalelerin kalitesine ilişkin bilgi sunmaktadır. Yüksek lisans ve doktora tezlerinin büyük bir kısmında olası hataların ve eksiklerin süreç içerisinde ortaya çıkarılması sağlanır. Doğru yönlendirmelerle süreç sonunda optimal bir ürün olarak ortaya çıkmasına imkân tanıyacak

şekilde akademik danışmanlar ve alan uzmanları tarafından sürekli değerlendirmeye tabi tutulur. Tüm bu özellikler yayınların kalitesi hakkında bilgi vermektedir. Artırılmış gerçekliğin fen başarısı üzerindeki etkisi bağlamında yayın türünün makale, yüksek lisans tezi veya doktora tezi olmasının anlamlı bir etkisi olmadığı, etki büyüklüğündeki varyasyon için başka değişkenlere bakılması gerektiği anlamına gelmektedir.

Meta-analize dahil edilen yayınların araştırma desenleri gerçek ve yarı deneysel olmak üzere 2 kategoride incelenmiş ve yayın türü moderatörünün anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Gerçek deneysel desende yürütülen çalışmalar ($d=0,646$) ve yarı deneysel desende yürütülen çalışmalar ($d=0,640$) için ortalama etki büyüklüğü değerleri birbirine çok yakın çıkmıştır. Deneysel desen türünün artırılmış gerçekliğin fen başarısı üzerindeki etki büyüklüklerinde oluşan varyasyonu açıklamadığı söylenebilir. Sosyal bilimler ve paralel olarak eğitim alanlarında gerçek deneysel ortamları oluşturmak zordur. Formal eğitim ortamlarında öğrencilerin mevcut düzeninin bozacak şekilde rastgele atama yapmanın neredeyse imkansız olması; laboratuvar ortamı gibi yapay bir ortam oluşturulamaması; katılımcı gruplarının rastgele atanması ve farklı müdahalelere maruz kalmaları ve müdahalelerden birinin daha etkili olma ihtimalinin yaratacağı etik hususlar; ön bilgi, hazırbulunuşluk, motivasyon veya çok farklı diğer değişkenlerin kontrol edilmesindeki zorluklar; istatistiksel testlerin yapılması için yeterli örnekleme ulaşmadaki engeller; yerleşik uygulamalara alışık bir grubun yeni bir uygulama karşısında değişime göstereceği direnç; yenilik etkisi, zaman ve olgunlaşma gibi iç geçerliği tehdit edecek faktörler gibi çok sayıda faktör sosyal bilimler alanlarında gerçek deneysel çalışmaların yürütülmesi önündeki engellerdir. Bu sebeplerden ötürü yarı deneysel desen daha çok tercih edilmekte ancak bu desenin gerektirdiği şartlar konusunda araştırmacılar çok daha titiz davranmaktadır. Bu bağlamda deneysel desen türü başarı konusundaki varyasyonu açıklayacak bir moderatör değildir. Önemli olan bilimsel yöntem benimsenmesi ve deneysel protokolün dikkatli bir biçimde hazırlanmasıdır.

Artırılmış gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen araştırmalarda okul düzeyi moderatör olarak incelendiğinde, etki büyüklükleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve en büyük etki büyüklüğünün 0,891 ile ortaokulda olduğu bulunmuştur. İlkokul için 0,404; lise için 0,519 ve yükseköğretim için 0,339 olan ortalama etki büyüklüğü değerleri elde edilmiştir. Zhang ve diğerlerinin (2022) K-12 eğitiminde artırılmış gerçekliğin etkisini inceledikleri ve sadece fen bilimlerine özel olmayan 129 yayını dahil ettikleri meta-analiz

çalışmalarında en büyük etki büyüklüğü değeri ilkökul için çıkmış ama okul düzeyinin anlamlı bir moderatör olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Xu ve diğerlerinin (2022) fen bilimlerine özel olarak yürüttükleri meta-analiz çalışmasında okul düzeyinin anlamlı bir moderatör olmadığı bulunmuştur. Li ve diğerlerinin (2021) artırılmış gerçekliğin K-12 düzeyinde akademik başarıya etkisini inceledikleri ve 35 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında okul düzeyinin anlamlı bir moderatör olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Garzón ve Acevedo'nun (2019) artırılmış gerçekliğin öğrenme üzerindeki etkisini inceledikleri ve 64 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında okul düzeyi 5 kategoride incelenmiş ve en yüksek etki büyüklüğü değerinin lisans düzeyinde olduğu bulunmuştur. Garzón, Pavón ve Baldiris'in (2019) artırılmış gerçekliğin öğrenme kazanımlarına etkisiyle ilgili yürüttükleri ve 27 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında okul düzeyi ilkökul, ortaokul, lise ve lisans düzeyi olarak ele alınmıştır. Her düzey için etki büyüklüğü değerleri birbirine yakın çıksa da okul düzeyinin anlamlı bir moderatör olmadığı görülmüştür. Özdemir, Şahin, Arcagök ve Demir'in (2018) artırılmış gerçekliğin öğrenci başarısına etkisini araştırdıkları ve 16 yayını dahil ettikleri çalışmalarında okul düzeyini ilkökul, lise ve lisans olmak üzere 3 kategoride incelemişler ve anlamlı bir moderatör olmadığı bulgusuna ulaşmışlardır. Burada bahsedilen bazı meta-analiz çalışmalarının dahil ettikleri yayın sayısının düşük olması moderatör analizinde net sonuçlar çıkmasını engelleyebilir. Ayrıca bu çalışmaların hiçbiri fen bilimlerine özel olarak yürütülmemiştir. Çocukların sanal oyunları küçük yaşlarda oynamaya başlaması ve mobil telefon ve tablet kullanım yaşının düşmüş olması; mobil cihaz uygulamalarını kurma, kullanma ve devamlılığını sağlama, uygulamadaki görevleri tamamlama gibi pek çok özelliğin eğitim ortamlarında da kullanılabilir olmasını mümkün hale getirmiştir. Bu bağlamda artırılmış gerçeklik gibi teknolojilerin özellikle fen eğitiminde kullanılmasının dersleri eğlenceli hale getirme, 3 boyutlu objelerle gerçek zamanlı etkileşime girme ve gerçek ortamda sanal objelerle etkileşime geçerek fenomenleri somutlaştırma gibi avantajları sayesinde ortaokul gibi daha küçük yaşlardaki öğrenciler için kullanılmasının faydalı olacağı söylenebilir.

Artırılmış gerçekliğin uygulandığı ortaokul sınıf düzeyi moderatör olarak incelendiğinde her bir kategori için etki büyüklükleri yüksek bulunmuş ama anlamlı bir moderatör olmadığı görülmüştür. 6. sınıf kategorisi için 0,948; 7. sınıf kategorisi için 0,941; 8. sınıf kategorisi için 0,935 ve karışık sınıflarda yapılan uygulamalar için 0,554 etki büyüklüğü değerleri elde edilmiştir. Karma yerine öğrencilerin akranlarıyla birlikte uygulamaya katıldığı durumlarda etki büyüklüğü değerleri yüksek düzeyde çıkmaktadır. Bu ortalama etki büyüklüğü

değerlerinin yüksekliği, okul düzeyi moderatöründe ortaokul için elde edilen 0,891 gibi yüksek etki büyüklüğü değerini de açıklamaktadır. Piaget'nin bilişsel gelişim teorisine göre ortaokul düzeyindeki öğrencilerin çok büyük bir kısmı formal işlemsel evrede bulunmaktadır. Bu evrede çocukların soyut düşünmesi ve mantıksal muhakeme becerilerinin geliştiği, karmaşık fikir ve kavramları düşünme becerilerinin olduğu, sistematik düşünebildikleri, hipotetik düşünme ve farklı olasılıkların sonuçlarını dikkate alma özelliklerinin olduğu söylenebilir. Formal işlemsel evre soyut düşünme ve mantıksal yürütmenin etkinleştiği evre olduğu için artırılmış gerçeklik deneyimleriyle etkileşim kurmak ve bu deneyimleri anlamak için uygun bilişsel gelişimin tamamlandığı anlamına gelir. Ancak bilişsel gelişim artırılmış gerçeklik uygulamalarını kullanma ve anlama konusunda belirleyici tek faktör olamaz. Önbilgi, motivasyon, ilgi ve hazırbulunuşluk gibi diğer faktörlerin de incelenmesi gerekmektedir. K-12 eğitiminde artırılmış gerçekliğin kullanışlılığı ve kullanıcılar tarafından algılanan deneyimlerle ilgili yürütülen bir sistematik derleme çalışmasında kullanıcı yaşının algılanan kullanışlılıkla anlamlı bir ilişkisi olmadığı bulunmuştur (Law ve Heintz, 2021). Yadav, Chakraborty, Kochar ve Ansari'nin (2020) çocukların artırılmış gerçeklik uygulamasıyla etkileşimlerini inceledikleri bir çalışmada ise 7 yaşın altındaki çocukların sanal ve gerçek nesnelerin etkileşiminden bunaldığı ve uygulamayı kullanmayı tercih etmedikleri, 7 ve 8 yaşındaki çocukların ise süreç boyunca uygulamayı kullanmaya hevesli oldukları görülmüş; bu sebeple 7 yaş ve üzeri çocukların öğrenme deneyimlerinin geliştirilmesinde artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanılması önerilmiştir. Bu bulgu ve sonuçlar ışığında ortaokul sınıf düzeyinin artırılmış gerçekliğin fen başarısına etkisindeki varyasyonu açıklayan bir moderatör olmaması anlaşılabilir bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Artırılmış gerçekliğin geliştirildiği disiplin moderatör olarak belirlenmiş; fizik, kimya ve biyoloji olarak 3 kategoride incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda disiplinin anlamlı bir moderatör olduğu ve en yüksek etki büyüklüğünün kimyada 0,774; fizikte ise kimyaya yakın olacak biçimde 0,745 olduğu bulunmuştur. Biyoloji için etki büyüklüğü değeri ortaya yakın olacak biçimde 0,442 çıkmıştır. Wang, Hu, Hwang ve Yu'nun (2022) henüz basım aşamasında olan ve artırılmış gerçekliğin biyolojideki başarıyı artırma durumunu inceledikleri çalışmalarında deney ve kontrol grubunda akademik performans açısından anlamlı bir farklılık olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Zhang ve diğerlerinin (2022) K-12 eğitiminde artırılmış gerçekliğin etkisini inceledikleri ve sadece fen bilimlerine özel olmayan 129 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında disiplin anlamlı bir moderatör

olarak bulunmuş ve temel fen bilimlerinin en yüksek etki büyüklüğü değerine sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Li ve diğerlerinin (2021) artırılmış gerçekliğin K-12 düzeyinde akademik başarıya etkisini inceledikleri ve 35 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında dünya ve uzay bilimi ($g=0,618$) ve fizik bilimlerinde ($g=0,630$) en yüksek etki büyüklüklerini bulurken, biyolojide ($g=0,163$) en küçük etki büyüklüğü değerine ulaşmışlardır. Bu çalışmada kimya bilimine ilişkin yayınlar bulunmamaktadır. Artırılmış gerçeklik kimya derslerinde etkili bir araç olabilir çünkü öğrencilerin kimyasal yapıların ve reaksiyonların 3 boyutlu modellerini, ders kitabından incelemek veya 2 boyutlu görselleri görüntülemek gibi geleneksel yöntemlerden daha ilgi çekici ve gerçeğe yakın bir şekilde görselleştirmelerine ve bunlarla etkileşime girmelerine olanak tanır. Bu, öğrencilerin kimyadaki önemli kavramları daha iyi anlamalarına ve kalıcı öğrenmelerine yardımcı olabilir. Artırılmış gerçekliğin etkileşim, uygulama ve 3 boyutlu görsel gibi sunduğu öğrenme deneyimleri öğrencilerin atomlar ve moleküller arasındaki uzamsal ilişkileri görselleştirmelerine ve anlamalarına yardımcı olduğu gibi, bu da kimyasal reaksiyonların nasıl gerçekleştiğini anlamaya ve bu reaksiyonların sonuçlarını tahmin etmeye olanak sağlayabilir. Benzer şekilde artırılmış gerçekliğin fizik derslerindeki başarıyı artırmasında etkili bir araç olmasının sebebi öğrencilerin soyut kavramlar içeren karmaşık fiziksel olayları daha sezgisel ve ilgi çekici bir şekilde görselleştirmelerine ve bunlarla etkileşime girmelerine olanak tanmasıyla ilgili olabilir. Artırılmış gerçeklik dijital bilgi ve grafikleri gerçek dünyanın üzerine yerleştirerek öğrencilerin fizikle ilgili temel ve soyut kavramları daha iyi anlamalarına yardımcı olabilir ve bunu yanı sıra soyut fikirler ile gerçek dünya uygulamaları arasında bağlantı kurmalarını sağlayabilir. Öğrencilerin gezegenlerin yörüngeleri veya gaz parçacıklarının hareketi gibi fiziksel sistemlerin 3 boyutlu modellerini incelemek ve bu modelleri manipüle etmek için artırılmış gerçekliği kullanmaları daha derin bir anlayış kazanmalarına yardımcı olabilir. Geleneksel yöntemlerden farklılığı sebebiyle artırılmış gerçeklik derslerin daha ilgi çekici olmasını sağladığı gibi öğrencilerin motivasyonunu artırarak derslere etkin bir biçimde katılmalarına da olanak tanıyabilir. Mevcut çalışma bağlamında biyoloji derslerinde artırılmış gerçeklik kullanımına ilişkin etki büyüklüğü de pozitif çıkmış ama kimya ve fizik derslerinde yapılan uygulamalara kıyasla etki büyüklüğü çok daha düşük çıkmıştır. Biyoloji canlı organizmalar ve bunların birbirleriyle ve çevreleriyle olan ilişkilerini incelerken; fizik ve kimya madde, enerji, kuvvet, atom ve moleküllerin yapısı gibi konu alanlarıyla ilişkilidir. Biyolojide de gözle görülemeyen hücre ve dokular, tek hücreli canlılar gibi konu alanları bulunsa da soyut ve gözle görülemeyen fenomenler sıklıkla fizik ve kimya derslerinin odağındadır. Bu sebeple bu ilişkileri ve

yapıları görülebilir hale getiren teknolojilerin fizik ve kimya derslerinde başarıyı biyolojiye kıyasla daha fazla artırması olası bir sonuç olarak karşımıza çıkmaktadır. Sanal ve artırılmış gerçeklik gibi teknolojiler her ders ve konuya uygun olmayabilir. Bu sebeple biyoloji, fizik veya kimya hangi disiplin olursa olsun, ilgili konunun yapısına göre bu teknolojilerin tercih edilmesi daha önemli bir gündem olarak görülmektedir.

Kullanılan artırılmış gerçekliğin işaretçi tabanlı ($d=0,602$) ya da lokasyon tabanlı ($d=0,522$) olması özelliği fen başarısına etkisi üzerine bir moderatör olarak incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Zhang ve diğerlerinin (2022) K-12 eğitiminde artırılmış gerçekliğin etkisini inceledikleri ve sadece fen bilimlerine özel olmayan 129 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında bu özellik tarayıcılar, fare ve klavye, dokunsal araçlar ve lokasyon tabanlı araçlar olarak incelenmiş ve anlamlı bir moderatör olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Xu ve diğerlerinin (2022) fen bilimlerine özel olarak yürüttükleri meta-analiz çalışmasında işaretçi tabanlı olanlar, işaretçi olmayanlar ve lokasyon tabanlı olanlar olmak üzere 3 kategoride incelenen artırılmış gerçeklik türünün anlamlı bir moderatör olduğu ve en yüksek etki büyüklüğü değerinin işaretçi tabanlı artırılmış gerçeklik kullanan çalışmalardan elde edildiği bulunmuştur. Artırılmış gerçeklikteki işaretçiler, dijital içeriğin ortaya çıkmasını tetikleyen fiziksel objeler veya görüntülerdir. Bunlar 2 boyutlu görüntüler, 3 boyutlu objeler veya çevredeki herhangi bir doğal yapı da olabilir. Artırılmış gerçekliğin lokasyon tabanlı olması ise kullanıcının fiziksel çevresiyle ilişkili olan dijital bilginin artırılmış gerçeklik uygulamasında ortaya çıkmasıdır. Burada uygulama GPS gibi uygun navigasyon sistemleri aracılığıyla lokasyonu tanır ve bu sayede tetiklenir. İkisinin arasındaki tek fark dijital bilginin ortaya çıkmasında kullanılan tetikleme sistemidir. Bu durum fenle ilgili artırılmış gerçeklik aracılığıyla sunulacak bilginin yapısı ve hangi öğrenme ortamıyla ilişkili olduğuna göre tercih edilebilecek bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. İnfomal öğrenme ortamlarında lokasyon tabanlı artırılmış gerçeklik kullanılabilir. Sınıf ortamında ise işaretçi tabanlı olanların kullanılması daha olasıdır. Artırılmış gerçeklikteki bu seçeneğin fen başarısını artırma konusunda anlamlı bir moderatör olmaması makul bir sonuç olarak gözükmemektedir.

Kontrol grubuna uygulanan yöntem/araç meta-analize dahil edilen yayınların incelenmesi sonucu geleneksel yöntem, alternatif multimedya araçları ve simülasyon olmak üzere 3 kategoriye ayrılmış ve istatistiksel olarak anlamlı bir moderatör olduğu görülmüştür. Özellikle kontrol grubunda geleneksel yöntem uygulandığında ortalama etki büyüklüğünün

en yüksek (0,701) çıktığı, ikinci sırada ortalama etki büyüklüğünün alternatif multimedya araçlarında (0,441) olduğu görülmüştür. Simülasyon için etki büyüklüğü değeri 0,282 bulunmuştur. Garzón ve Acevedo'nun (2019) artırılmış gerçekliğin öğrenme üzerindeki etkisini inceledikleri ve 64 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında kontrol grubuna uygulanan yöntem/araçlar multimedya, geleneksel yöntem, geleneksel pedagojik araçlar olmak üzere 3 kategoride incelenmiştir. Her üçü için de ortalama etki büyüklüğü orta ve birbirine yakın çıkmış, başarıdaki artışın artırılmış gerçeklik kullanımıyla ilgili olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin özellikle geleneksel yöntemle kıyasla avantajlı olmasının pek çok sebebi vardır. Karmaşık bilimsel kavramların görselleştirilmesi ve etkileşime girilmesi fenomenlerin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olabilir. Böylesi bir teknoloji derslere katılımı ve bunun sonucu olarak da motivasyonu artırabilir. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin mobil cihazlarla kullanımı geleneksel yöntemlere kıyasla erişilebilirliği ve esnekliği artırabilir. Örneğin fiziksel engelleri olan veya öğrenme zorlukları çeken öğrenciler için de çok daha etkili bir öğrenme aracı görevi görebilir. Bilimsel kavramların ve fenomenlerin gerçek dünyadaki uygulamalarını ve gerçek dünyayla ilişkilerini görselleştirme açısından geleneksel yöntemle kıyasla daha avantajlı olan artırılmış gerçeklik, öğrencilerin ilgili konunun veya materyalin alaka düzeyini ve önemini anlamasına yardımcı olabilir. Sonuç olarak daha etkileşimli ve çevreleyici öğrenme ortamları oluşturan artırılmış gerçeklik pek çok açıdan geleneksel yöntemlere ve araçlara kıyasla öğrenme deneyimini geliştirme ve öğrenme çıktılarını iyileştirme potansiyeline sahiptir.

Veri toplama aracının durumu moderatör olarak belirlenmiş ve araştırmacının/öğretmenin geliştirdiği ve standart test olmak üzere 2 kategoride incelenmiştir. Bu moderatörün anlamlı ve araştırmacının/öğretmenin geliştirdiği testlere göre incelenen yayınların ortalama etki büyüklüğünün 0,706; standart testler için ise 0,317 olduğu bulgusu ortaya çıkmıştır. Merchant ve diğerlerinin (2013) simülasyonlarla ilgili yürüttükleri meta-analiz çalışmalarında da araştırmacının geliştirdiği testlerin kullanımının daha iyi sonuçlar elde etmeye sebep olduğu bulunmuştur. Araştırmacı veya öğretmenin geliştirdiği testler belirli bir konu veya derste işlenen materyallerin veya becerilerin öğrenciler tarafından anlaşılma düzeyini ölçmek için geliştirilirken, standart testler geçerlik ve güvenilirliği sağlanmış ve genellikle daha geniş kapsamlı konu veya derslerin yer aldığı testlerdir. Araştırmacı veya öğretmenin geliştirdiği testler genellikle öğretimin etkililiğini ortaya çıkarmak gibi daha kısa dönem hedefler için kullanılma amacıyla geliştirilir. Burada önemli olan kullanılan artırılmış

gerçekliğin kapsadığı konu alanının doğru biçimde ve doğru sorular aracılığıyla ölçülmesidir. İşlenen konuya özel olarak geliştirilmiş standart bir test kullanılmasının da bir sakıncası yoktur. İçerik ve test sorularının örtüşmesi ve hedef yaş gurubuna uygun soruların olması ölçme açısından ilk kriter olmalıdır.

Artırılmış gerçeklik uygulamasında öğrencilere verilen görevin bireysel veya işbirlikli olması moderatör olarak incelenmiş ve istatistiksel olarak anlamlı olmadığı bulgusu ortaya çıkmıştır. İşbirlikli yapılan görevlerde etki büyüklüğü değeri 0,681, bireysel tamamlanan görevlerde etki büyüklüğü değeri 0,529 çıkmıştır. Garzón ve diğerlerinin (2020) 46 yayını dahil ettikleri ancak fen bilimlerine özel olmayan meta-analiz çalışmasında artırılmış gerçekliğin işbirlikli pedagojik yöntemle kullanılması sonucu ortalama etki büyüklüğü değerinin en büyük olduğu bulgusuna ulaşmışlardır. Ancak burada işbirlikli öğrenmeye kıyasla araştırma-sorgulama temelli öğrenme, durumsal öğrenme, proje tabanlı öğrenme ve multimedya öğrenme gibi farklı pedagojik yöntemler değerlendirilmiştir. Mevcut meta-analizde hem bireysel hem işbirlikli olarak tamamlanan görevler bağlamında etki büyüklüğü değerleri orta derecede çıkmış, işbirlikli yapılanlarda etki büyüklüğünün bireysel olanlara kıyasla daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ancak bu bulgular başarıdaki değişkenliği açıklamak için anlamlı bir moderatör görevi görmemektedir. Bu sebeple artırılmış gerçeklik tasarlanırken disiplin ve konunun yapısına uygun olacak biçimde görevin işbirlikli veya bireysel olmasına karar verilmesi daha sağlıklı sonuçlar ortaya çıkarabilir.

Artırılmış gerçeklik uygulamasında öğrencilere verilen fenle ilgili görevin gerektirdiği bilgi türü moderatörü açıklayıcı ve işlemsel olmak üzere 2 kategoride incelenmiş ve aradaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmüştür. Açıklayıcı bilgi ($d=0,677$) ve işlemsel bilgi ($d=0,538$) gerektiren görevler bağlamında etki büyüklükleri orta düzeyde çıkmıştır. Artırılmış gerçekliğin fen başarısına etkisinde ortaya çıkan varyasyon görevin gerektirdiği bilgi türü ile açıklanamamaktadır. Bu sebeple görevin gerektirdiği bilgi türünün, yine artırılmış gerçekliğin kullanıldığı disiplin ve konunun yapısına göre, yaş grubuna göre kazandırılması hedeflenen bilgi ve becerilerin türüne göre karar verilecek bir özellik olduğu söylenebilir.

Artırılmış gerçekliğin öğretimde hangi amaçla kullanıldığı bir moderatör olarak belirlenmiş ve çalışmalar sunum, uygulama ve bağımsız kullanım olarak kategorilere ayrılmış, ortalama etki büyüklüğü değerleri ve anlamlılık durumu incelenmiştir. Analiz sonucunda artırılmış

gerçekliğin öğretimde hangi amaçla kullanılırsa kullansın başarıyı artırdığı ancak bunun anlamlı bir moderatör olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bağımsız kullanım için 0,479; sunum için 0,734 ve uygulama için 0,529 etki büyüklüğü değerlerine ulaşılmıştır. Zhang ve diğerlerinin (2022) K-12 eğitiminde artırılmış gerçekliğin etkisini inceledikleri ve sadece fen bilimlerine özel olmayan 129 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında da benzer bir moderatör belirlenmiş ve artırılmış gerçekliğin hangi eğitsel amaçla kullanıldığı fark etmeksizin etki büyüklüğünün pozitif olduğu görülmüştür. Artırılmış gerçeklik sunum, uygulama veya bağımsız kullanım gibi hangi amaçla kullanılırsa kullansın etki büyüklükleri pozitif ve orta düzeydedir.

Kullanılan görüntüleme araçları bir moderatör olarak belirlendiğinde, monitör tabanlı ve transparan optik sistem olmak üzere 2 kategoride ortalama etki büyüklükleri incelenmiş ve anlamlı bir moderatör olmadığı görülmüştür. Monitör tabanlı olan araçlar, yani mobil telefon ve tabletler için etki büyüklüğü değeri 0,663; transparan optik sistemler yani artırılmış gerçeklik gözlükleri gibi araçlar için ortalama etki büyüklüğü 0,181 bulunmuştur. Xu ve diğerlerinin (2020) meta-analiz çalışmasında da artırılmış gerçeklik için kullanılan araçlar moderatörü anlamlı bulunmamıştır. Özdemir, Şahin, Arcagök ve Demir'in (2018) artırılmış gerçekliğin öğrenci başarısına etkisini araştırdıkları ve 16 yayını dahil ettikleri çalışmalarında görüntüleme araçları mobil araçlar, tabletler ve web kamera tabanlı araçlar olmak üzere 3 kategoride incelenmiş ve anlamlı bir moderatör olarak bulunmuştur. Özdemir ve diğerleri, mobil araçlar ve tabletler için ortalama etki büyüklüklerini 0,686 ve 0,667 olmak üzere orta ve birbirine yakın bulurken, web kamera tabanlı araçlar için etki büyüklüğünü düşük ve 0,159 olarak bulmuşlardır. Görüntüleme araçları moderatörü mevcut çalışmada anlamlı çıkmasa da Özdemir ve diğerlerinin çalışmasındaki ortalama etki büyüklükleri birbirine benzer çıkmıştır. Artırılmış gerçekliğin kullanım amacı bilgisayar tarafından oluşturulan bir görüntüyü kullanıcının gerçek dünya görüşüne ekleyerek bileşik bir görünüm sağlaması ve bilgisayar tarafından oluşturulan görüntüyü de mobil cihazlar, başlık veya gözlük gibi araçlar vasıtasıyla kullanıcının görüş alanının üstünde görüntülemeyi sağlamasıdır. Bu görüntüleme sisteminde mobil cihazların veya giyilebilir teknolojilerin kullanılması, artırılmış gerçekliğin fen başarısına olan etkisindeki değişkenliği açıklayan bir durum değildir.

Öğrenme ortamı sınıf ve okul dışı olmak üzere 2 kategoride incelenmiş, sınıf ($d=0,641$) ve okul dışı ortamlardan ($d=0,643$) elde edilen etki büyüklüğünün orta ve birbirine çok yakın

olduğu ancak istatistiksel olarak anlamlı bir moderatör olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Garzón ve diğerlerinin (2020) 46 yayını dahil ettikleri ve artırılmış gerçekliğin öğrenmeye etkisini inceledikleri meta-analiz çalışmalarında formal öğrenme ortamları için ortalama etki büyüklüğü 0,71 ve informal ortamlar için 0,73 olmak üzere birbirine çok yakın çıkmış ve anlamlı bir moderatör olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Garzón ve Acevedo'nun (2019) artırılmış gerçekliğin öğrenme üzerindeki etkisini inceledikleri ve 64 yayını dahil ettikleri meta-analiz çalışmalarında öğrenme ortamı moderatör olarak belirlenmiş; formal ortamlar, informal ortamlar ve karma olmak üzere 3 kategoride incelenmiştir. Özellikle informal ortamlarda kullanımında ortalama etki büyüklüğünün 0,80 ile en yüksek çıktığı, formal ortamlarda kullanımında ise ortalama etki büyüklüğünün 0,68 çıktığı bulunmuştur. Bu moderatör varyasyonu açıklamamaktadır. İşlenen konunun yapısına ve teknolojinin yeterlilik durumuna göre sınıf içinde veya okul dışında kullanımının tercih edilmesi daha uygun gözükmektedir.

5.3. Karma Gerçeklik ile İlgili Tartışma

Karma gerçekliğin fen başarısı üzerindeki etkisinin incelendiği meta-analiz çalışmasında genel etki büyüklüğü 0,299 bulunmuştur. Dahil edilen yayın sayısı 26, elde edilen farklı etki büyüklüğü sayısı ise 27'dir. Bu değer küçük bir etki olduğu anlamına gelmektedir. Milgram ve Kishino'nun (1994) 'Gerçeklik-Sanallık Sürekliliği' aslında bu teknolojilerin tam olarak anlaşılmamasına ve özellikle literatüre yeni girmekte olan karma gerçekliğin tanımının yapılmasına engel olarak eğitim ortamlarında kullanımında karmaşaya sebep olmaktadır. Karma gerçeklik bazı yönleriyle sanal ve artırılmış gerçeklikten farklılaşmaktadır. Eş zamanlı olarak görsel içeriği işleme ve tepki verme, farklı duyuşal özelliklerin bir arada olması, kontrol mekanizması, üst düzey grafik gücü, fiziksel mekân, sanal ortam ve kullanıcının etkileşimli hayal gücünün bir arada olması (Hughes, Stapleton, Hughes ve Smith, 2005) gibi çok sayıda üstün özelliği bulunmaktadır. Henüz yeni bir teknoloji olması ona ulaşma ve eğitim ortamlarında deneysel çalışma yürütülmesinde kısıtlamalara sebep olmaktadır. Ancak bir aracı araçla çevreleme ve bu yolla bilginin aktif bir biçimde inşası devrine geçebilmek için yeni milenyum öğrenme stillerine hitap etmek gerekmektedir (Dede, 2005). Bilginin birey tarafından oluşturulması bu yeni yüzyılda karma gerçeklik gibi teknolojilerle mümkün gözükmektedir. Fen başarısını artırma bağlamında da kısıtlı çalışmalarla gerçekleştirilen meta-analizin sonuçları da bu teknolojinin etkili olduğunu göstermektedir. Ancak önceki bölümlerde de sanal ve artırılmış gerçeklikle ilgili elde edilen

sonuçlar da dahil olmak üzere genişletilmiş gerçeklik için ve özellikle daha çok yeni olan ve eğitim alanında da kısıtlı çalışmalara sahip olan karma gerçeklik için Gartner'in hype döngüsünü (Steinert ve Leifer, 2010) temel alarak karar vermekte fayda vardır. Gartner'ın Hype Döngüsü, belirli teknolojilerin olgunluk, benimsenme ve sosyal uygulamalarının grafiksel bir gösterimidir, gelişmekte olan teknolojilerin zaman içinde nasıl evrim geçirdiğini anlamak için kullanılan ve beş farklı aşaması olan bir çan eğrisi şeklindedir. Teknolojilerin ilk kez tanıtıldığı zamanlarda çok fazla ses yaratması ve şişirilmiş beklentilerin zirvesine ulaşması dönemlerinden sonra hayal kırıklığı çukuruna girilir. Daha sonra aydınlanma dönemine ve en son verimlilik platosuna geçilir. Bu bağlamda bahsi geçen teknolojilerle ilgili daha net kararlar vermek için bu süreçleri geçirmesinin beklenmesi daha doğru gözükmetedir. Teknoloji kullanımında amaç bu teknolojilerin diğer yöntemlerin yerini alması değil, birbirini tamamlayacak şekilde entegrasyonun sağlanması olduğunda, karma gerçekliğin de yapılandırıcılık, sosyal inşaacılık, bilişsel gelişim ve deneyimsel öğrenme teorileri bağlamında sunacağı avantajların çok fazla olduğunu söyleyebiliriz. Bunlara ek olarak literatürde şu ana kadar karma gerçekliğe özel olarak yürütülmüş bir meta-analiz çalışmasına rastlanamamıştır. Car ve diğerlerinin (2022) sanal, artırılmış ve karma gerçeklikle sağlık bilimleri alanındaki öğrencilerin eğitime yönelik gerçekleştirilen deneysel araştırmaları inceledikleri sistematik haritalama çalışmalarında ulaştıkları 126 yayından 115'inin sanal gerçeklikle ve 11'inin artırılmış gerçeklikle ilgili olduğu ve karma gerçeklikle ilgili herhangi bir yayına ulaşamadıklarını belirtmişlerdir. Ne yazık ki ilgili literatürde artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik ayrımı yeterince yapılmamaktadır. "MR" ve "AR" terimlerinin sıklıkla birbirinin yerine kullanılması, bu teknolojilerin farklı eğitimsel çıktıları üzerine yapılan araştırmaları engellemektedir (Chytas, Piagkou, Demesticha, Tsakotos ve Natsis, 2022).

Meta-analize dahil edilen yayınlar incelendiğinde okul düzeyi ortaokul, lise ve yükseköğretim olarak kodlanmış ve moderatör olarak analiz edildiğinde anlamlı olduğu görülmüştür. En yüksek etki büyüklüğünün 0,802 ile lise düzeyinde olduğu; ortaokul ($d=0,155$) ve yükseköğretimde ($d=0,127$) ise pozitif ve küçük etki olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Karma gerçekliğin yeni bir teknoloji olması ve yeni teknolojilerin eğitimde yaygın bir biçimde kullanılması sürecinin çok yavaş ilerlemesi sebebiyle (Jacobsen, 2000) meta-analize dahil edilen mevcut yayınlardan okul düzeyiyle ilgili bulgu, 3 düzey için de pozitif sonuçlar verse de lisede fen başarısını artırma konusunda daha yüksek etki büyüklüğü olduğunu göstermektedir. İçeriğe ve hedeflere, bilişsel yük teorisine ve bilişsel gelişim

teorisine göre uygun bir biçimde tasarlanan karma gerçeklik uygulamalarının tüm okul düzeyleri için uygun olabileceği de beklenebilir.

Karma gerçekliğin geliştirildiği ve uygulandığı disiplinin anlamlı bir moderatör olduğu, en yüksek etki büyüklüğünün 0,744 ile kimyada olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Biyoloji ($d=0,268$) ve fizik ($d=0,177$) için etki büyüklüklerinin pozitif, küçük ve küçüğe yakın düzeyde olduğu görülmüştür. Kimya laboratuvarlarında yapılan deneyler bağlamında güvenlik diğer disiplinlere kıyasla çok daha önemli bir gündem maddesidir ve karma gerçeklikle geliştirilen laboratuvar çalışmaları bu maddeye yönelik endişeleri ortadan kaldıracaktır. Deney öncesi öğrencilere bilgi verilse de deneysel prosedürlerde güvenlikle ilgili fazla deneyimi olmayan öğrenciler olası kazalarla karşı karşıya gelmektedir. Bu endişeler de genellikle laboratuvar çalışmalarının es geçilmesine sebep olmaktadır. Karma gerçeklik sayesinde daha çevreleyici ve etkileşimli laboratuvar prosedürleri sağlanmakta, güvenlikle ve maliyetle ilgili problemler ortadan kalkmaktadır. Meta-analize dahil edilen yayınlarda kimyayla ilgili olanların büyük bir kısmının laboratuvar çalışmalarına yönelik olduğu görülmektedir. Ayrıca kimya disiplinin maddenin yapısıyla, madde ve enerji arasındaki ilişkiyle, kimyasal reaksiyonlarla, atom ve molekül gibi gözle görülmeyen parçacıklarla ilişkili soyut bir bilim dalı olması, doğal fenomenlerin arkasında yatan yasaların doğrudan gözlemlenebilmesini imkânsız hale getirmektedir. Karma gerçeklikle sunulan sanal ve gerçek objelerin bir arada olması durumu, bilimin ve bilimsel yöntemin temelinde yatan gözlem ve deneyi çok daha erişilebilir hale getirme potansiyeline sahiptir.

Karma gerçeklikte meta-analize dahil edilen yayınlarda oyunlaştırma unsurunun olup olmadığı moderatör olarak incelendiğinde anlamlı olduğu bulunmuş ve oyunlaştırmanın olduğu karma gerçeklik çalışmalarının fen başarısına olan etki büyüklüğünün yüksek ve 0,817 olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Oyunlaştırma unsurunun olmadığı durumlar için ortalama etki büyüklüğü 0,200 olarak elde edilmiştir. Genel olarak eğitim alanında ve fen bilimlerinde karma gerçeklik kullanımıyla ilgili literatürde meta-analiz çalışması bulunamadığı için, rehabilitasyon programlarında karma gerçekliğin kullanımına yönelik bir meta-analiz çalışmasının bulguları incelenmiştir. Bu meta-analiz çalışmasında oyunlaştırma unsurlarının bulunduğu yayınların etki büyüklüğü 0,68; oyunlaştırmanın olmadığı yayınların ortalama etki büyüklüğü ise 0,42 bulunmuş ve bu moderatörün anlamlı olduğu bildirilmiştir (Howard ve Davis, 2022). Oyun oynamada bir motivasyon bulunmaktadır ve oyunlaştırmanın genellikle öğrencilerde katılımı, motivasyonu ve başarıyı artırmanın etkili

bir yolu olduğu bildirilmektedir (Sánchez-Martín, Cañada-Cañada ve Dávila-Acedo, 2017). Oyunlaştırmanın bulunması kullanıcıya sıradan bir yöntemle kıyasla daha fazla esneklik tanır ve hayal gücü ve yaratıcılığı kullanmak için alan açar. Oyunlaştırma sayesinde eğitsel içerik daha eğlenceli bir şekilde sunulur ve oyunun yarattığı mücadele ve zorluk, öğrencilerin konuya daha çok katılım göstermesini sağlar. McGonigal (2011) oyunların temelde hedefler, kurallar, geri bildirim sistemi ve gönüllü katılım olmak üzere 4 özelliğinin olduğunu söyler. Eğitsel oyunların öğrenme çıktılarını ne kadar kapsadığı ve kullanıcının bu konuda ne kadar başarılı olduğunun değerlendirilebilmesi için ölçülebilir özelliğinin de olması gerekir. Genişletilmiş gerçeklikte oyunlaştırma unsurunun olması yapılandırmacı eğitim felsefesini temel olarak almaktadır (Young, 2018). Çünkü öğrencinin deneyimi, aktif bir biçimde öğrenmesi, yansıtma yapabilmesi, kendi kararlarına göre ilerleyerek yaratıcılığını kullanabilmesi gibi özellikler sunmaktadır. Bu da daha kalıcı bir öğrenmenin önünün açmaktadır. Günümüzde sanal dünyalar, simülasyonlar gibi eğlence dünyasının çıkardığı genişletilmiş gerçeklik temelli bilgisayar oyunları her yaştan insana hitap etmekte ve kullanım sıklığı gittikçe artmaktadır. Öğrenciler için oyun oynama ve ders çalışma birbirinden çok farklı iki durum olarak görülse de eğitsel içeriklere uygun hazırlanan oyunlaştırma unsuruna sahip genişletilmiş gerçeklik uygulamaları ve bariyeri aşmaktadır (Chen ve Duh, 2018).

Karma gerçekliğin hitap ettiği duyular bir moderatör olarak belirlenmiş ve görsel+dokunsal; görsel+işitsel ve görsel+işitsel+dokunsal olmak üzere 3 kategoriye ayrılmışlardır. Her ne kadar bu moderatör istatistiksel olarak anlamlı çıkmasa da en yüksek etki büyüklüğü değeri görsel+işitsel+dokunsal kategorisine giren yayınlar için çıkmış ve bu değer 0,691; orta düzeyde etkili bulunmuştur. Sadece görsel+işitsel ($d=0,363$) ve görsel+dokunsal ($d=0,238$) olanlarda ortalama etki büyüklükleri pozitif, küçüğe yakın orta düzeyde çıkmıştır. Hitap edilen duyu sayısının artmasıyla etki büyüklüğünün de arttığı dikkat çekicidir. Bu durum çoklu temsilin öğrenme üzerindeki etkisi ile açıklanabilir. Çoklu temsil bilginin sunumu veya ifade edilmesinde birden fazla modalitenin kullanılmasıyla ilgilidir. Bu modaliteler görsel, işitsel, metinsel ve kinestetik biçimde olabilir. Fen öğretimi de yapısı itibarıyla çoklu modal özelliktedir çünkü bilimsel fikirlerin sunumunda görseller, semboller, fiziksel modeller ve diğer temsil modları kullanılarak öğrencilerin anlam yaratma süreçlerine destek verme amaçlanır (Yeo ve Nielsen, 2020). Fen gibi karmaşık süreçlerin ve kavramların olduğu bir alanda bu kavram ve süreçleri tanımlamaya çalışırken tek bir yöntemin kullanılması yeterli değildir. Farklı öğrenme tercihleri ve ihtiyaçları olan öğrenciler için

çoklu temsillerin kullanılması yararlı ve öğrenmeyi pozitif yönde etkileyen bir yoldur. Fenle ilgili olgu ve fenomenlerin çoklu temsillerinin sunulması öğrenme ihtiyaçları farklı olan öğrencilerin derse katılımlarını ve motivasyonlarını artırma potansiyeline sahiptir. Çoklu temsiller öğrencileri üst düzey düşünme becerileri ile meşgul ederek, onların sınıfın ötesindeki dünyayla ilişki kurmasını ve fikir geliştirmeleri için pek çok sağlayarak, farklılıklara değer vererek derin öğrenmeye destek olarak fen derslerinde verimli bir pedagoji olarak kullanılmaya hizmet eder (Edwards, 2015). Tolentino ve diğerlerinin (2009) kimya dersinde karma gerçeklik kullandıkları araştırmalarında öğrenme deneyiminin etkililiğinin en önemli sebeplerinden biri olarak karma gerçekliğin sunduğu görsel, işitsel ve kinestetik unsurları göstermişlerdir. Dijital ve etkileşimli teknolojilerin çoklu temsil ilkesine göre dizayn edilmesiyle fen öğretiminde etkili bir araç olarak kullanılabileceği ve derin öğrenmenin ve üst düzey becerileri geliştirmenin önünü açacağı söylenebilir.

Karma gerçeklikte manipüle edilen temel objenin gerçek veya sanal olması durumu moderatör olarak incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, ancak sanal objelerin manipüle edildiği yayınların etki büyüklüğünün 0,409; gerçek objelerin manipüle edildiği yayınların ortalama etki büyüklüğünün ise 0,032 gibi çok zayıf bir değer çıktığı bulunmuştur. Sanal objelerin manipüle edilebilmesi çevrelemeyle ve doğallık hissiyle yakından ilgilidir. El hareketlerine dayalı somut etkileşimler kullanarak sanal objelerin manipüle edilebilmesi, gerçek dünyadaki manipülasyon görevine benzer, daha doğal etkileşim arayüzleri sunarak ve titreşimli-dokunsal geri bildirim ve somut etkileşimin benimsenmesiyle çok modlu temsil olanakları sağlamaktadır (Lee, Rhee ve Seo, 2010). Gerçek objelerdeki manipülasyonlarda geri döndürme özelliği yoktur ancak sanal objelerle etkileşimde yapılan hatalar sonucu süreç başa alınır ve bu da deneme yanılma yoluyla hataların en aza indirilmesini ve öğrenmenin daha aktif ve deneyimsel hale getirilmesini sağlayabilir. Fen bilimlerinde laboratuvar çalışmaları için, hipotezlerin test edilmesi ve sonuçların incelenmesi için sanal objelerin manipüle edilebilmesi çok daha faydalı olabilir.

Bedenleştirilmiş öğrenmenin gerçekleştirilmesi amacıyla karma gerçeklikte hangi öğelerin kullanıldığı hareket, jest ve hareket+jest olmak üzere 3 kategoride incelenmiştir. Bunun anlamlı bir moderatör olmadığı ancak hareket+jest öğelerinin birlikte kullanıldığı yayınların ortalama etki büyüklüğünün ($d=0,573$) diğerlerine kıyasla çok daha yüksek çıktığı bulunmuştur. Bedenleştirilmiş öğrenmede bilgi ve kavramlar beden faaliyetleri yoluyla

canlandırılır ve bu, öğrenmede güçlü ve itici bir kuvvettir (Glenberg, Gutierrez, Levin, Japuntich, ve Kaschak, 2004; Goldin-Meadow, 2009). Ali, Dafoulas ve Augusto'nun (2019) sistematik haritalama çalışmalarında da karma gerçeklik uygulamalarının kullanımının, tüm vücut aktivitesi yoluyla 'kavramların canlandırılmasını ve kritik fikirlerin deneyimlenmesini' geliştirdiği kanıtlanmıştır. Masaüstü etkileşimli simülasyonlar en düşük bedenleştirilmiş/ somutlaştırılmış öğrenme öğeleri içerirken karma gerçeklik uygulamalarına bu kategorizasyonda bedeni en fazla işe koşan teknoloji olarak görülmektedir (Johnson-Glenberg, Birchfield, Tolentino ve Koziupa, 2014). Öğrenme sürecinde bedenin ne kadar büyük bir kısmı işe dahil edilirse daha anlamlı ilişkiler kurularak öğrenme gerçekleştirilebilir. Sanal ve gerçek öğeleri birlikte sunma özelliğine sahip karma gerçeklik bedenleştirilmiş öğrenmenin gerçekleştirilmesinde çok önemli bir araç olabilir. Hareket ve jestleri takip edebilen karma gerçeklik teknolojisi sayesinde öğrenme sürecinin içine tamamen girilebilir ve kullanıcı yeni gerçeklik ortamıyla bütünleşebilir. Maddenin halleri konusunu bedenleştirilmiş öğrenmeyle öğreten bir araştırmada imgesel bedenleştirme ve bunun oluşturduğu hareket, mesafe, çekim-bağlantı ve maddenin hali gibi kavramları vurgulayan sembol sistemi sayesinde öğrencilerin büyük bir başarı elde ettiği bulunmuştur (Keifert ve diğerleri, 2020). Öğrenciler bedenleştirilmiş öğrenmede inceledikleri fenomenle bütünleşmekte ve ortaya çıkan görselleştirmeyi kontrol etmek için bedenlerini kullandıkça bilimdeki nedensellik ile ilgili sezgileri de harekete geçmektedir.

Karma gerçeklikte artırılmış gerçekliğin mi yoksa artırılmış sanallığın mı baskın olduğu moderatör olarak incelendiğinde anlamlı bir moderatör olmadığı bulunmuş; artırılmış gerçeklik ($d=0,332$) ve artırılmış sanallık ($d=0,236$) için ortalama etki büyüklüklerinin pozitif ve birbirine yakın olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. Karma gerçeklikte artırılmış sanallığın baskın olması gerçek dünyanın, görülmesi veya ulaşılması mümkün olmayan ya da kısıtlı olan yönlerine yönelik deneyimin zenginleştirilmesi anlamına gelmektedir. Artırılmış gerçekliğin baskın olması ise destekleyici ve zenginleştirilmiş bir katmanın gerçek dünya üzerine bindirilmesiyle gerçek dünyadan kopmadan onun hakkında daha zengin ve detaylı deneyimler yaratılması demektir. Hangisi baskın olursa olsun, karma gerçeklik sanal ve gerçekliğin karma bir biçimde sunulmasını ve öğrenmeye yönelik zengin deneyimlerin sunulmasına imkân tanır.

Kontrol grubuna uygulanan araç/yöntem bir moderatör olarak incelenmiş ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulunmuştur. Meta-analize dahil edilen yayınlar incelendiğinde

kontrol gruplarına sıklıkla geleneksel yöntem uygulandığı görülmüştür. Diğer yöntem ve araçların (artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, masaüstü bilgisayar, tablet, 2 boyutlu resim, anatomi çizim masası) frekansının düşük olmasından ötürü birleştirilerek ‘alternatif yöntem/araçlar’ olarak ele alınmıştır. Deney grubunda karma gerçeklik ve kontrol grubunda geleneksel yöntem kullanılan yayınların ortalama etki büyüklüklerinin 0,502 çıktığı; alternatif yöntem ve araçlarda ise etki büyüklüğünün pozitif ancak çok zayıf ($d=0,006$) olduğu görülmüştür. Kontrol grubuna geleneksel yöntem uygulandığında karma gerçekliğin fen başarısını artırdığı görülmektedir. Sanal, artırılmış ve karma gerçeklik uygulamalarının bilginin edinimi ve tüm öğrenme deneyimini geliştirme potansiyeli olduğu aşıkardır (Moro ve diğerleri, 2020). Özellikle fen bilimlerinde geleneksel yöntemler yerine bu bilimin odağında olan soyut kavramları ve mikro dünyaları, gözle görülmeyen fenomenleri somutlaştırarak gerçek dünyaya yakın deneyimler sunan etkileşimli dijital teknolojilerin kullanılması, pek çok öğrenme çıktısı bağlamında avantajlı olacaktır.

Veri toplama aracının durumu araştırmacının/öğretmenin geliştirdiği test ve standart test olarak belirlenerek moderatör analizi uygulandığında anlamlı olmadığı görülmüştür. Araştırmacının/öğretmenin geliştirdiği testlerin kullanıldığı karma gerçeklik yayınlarında ortalama etki büyüklüğü değeri 0,332; standart test kullananların ise 0,127 çıkmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı olmasa da belirli bir konu alanına özel olarak geliştirilen ve doğrudan karma gerçekliğin kazandırmayı hedeflediği öğrenme çıktılarını ölçen ölçme araçlarını kullanmak, ölçme işleminin daha hedef odaklı olmasına imkân sağlayabilir.

Öğrencilerin karma gerçeklikte verilen görevin bireysel yapılması veya işbirlikli biçimde tamamlanması moderatör olarak incelenmiş, sanal ve artırılmış gerçeklikte olduğu gibi anlamlı bir moderatör olmadığı bulgusu ortaya çıkmıştır. Bireysel görevin olduğu yayınların ortalama etki büyüklüğü 0,310; işbirlikli olanların ise 0,289 bulunmuştur. Ali, Dafoulas ve Augusto’nun (2019) sistematik haritalama çalışmalarında literatürde sanal, artırılmış ve karma gerçekliğin işbirlikli eğitim etkinlikleri bağlamında detaylı ve kapsamlı bir yayın olmadığı sonucuna ulaşmışlardır. Genişletilmiş gerçekliğin oyunlaştırılması durumunda grup çalışmasının bilimsel araştırma-sorgulama bağlamında büyük kazanımlar ortaya çıkabilir (Rosenbaum, Klopfer ve Perry, 2007). Özellikle oyunlaştırma unsurunun olduğu karma gerçeklik uygulamalarında işbirliği Vygotsky’nin sosyal yapılandırmacılık kuramına (Vygotsky, 1978) göre bilginin oluşturulmasında kritik bir rol oynayabilir. Bunun dışında bireysel çalışma gerektiren karma gerçeklik uygulamaları da olabilir. Duan, Kang, Choi ve

Kim'in (2020) çalışmalarında karma gerçeklik kullanılarak kimya deneylerini gerçekleştirilmiş ve bunun daha kişisel, bağımsız ve deneyimsel öğrenme moduyla gerçekleştirilmesi sonucu kimyadaki başarının arttığı bulunmuştur. Bu sebeple işbirliğinin olması veya görevin bireysel bir biçimde yürütülmesi, ilgili disiplin ve konunun ve ayrıca öğrenme hedeflerinin yapısına göre belirlenebilecek bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır.

Karma gerçeklik ortamında öğrencilere verilen görevin açıklayıcı bilgi gerektirmesi veya işlemsel bilgi gerektirmesi durumu moderatör olarak incelendiğinde istatistiksel olarak anlamlı olmadığı; açıklayıcı bilgi gerektiren karma gerçeklik yayınları için ortalama etki büyüklüğünün 0,493; işlemsel bilgi gerektiren görevlere sahip yayınlar için ise ortalama etki büyüklüğünün 0,206 olduğu görülmüştür. Karma gerçeklikte oluşturulan ortamın ve verilen görevlerin bilişsel olarak fazla yük oluşturmaması ve karmaşaya sebep olmaması için, daha basit düzeyde bir öğretim amacıyla kullanılması veya karma gerçeklik uygulamasının iyi planlanmış ve hedef ve süreçleri net olacak biçimde geliştirilmesi daha etkili sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir. Karma gerçekliğin henüz yeni bir teknoloji olması da bu durumu etkileyebilir. Bu teknolojiye aşına olabilmek ve ileride daha karmaşık görevler amacıyla kullanılabilmesi için, daha basit düzeyde açıklayıcı bilgi gerektiren görevlerle başlanması uygun olabilir.

Karma gerçekliğin sunum, uygulama veya bağımsız kullanım amacıyla kullanılması moderatör olarak incelendiğinde anlamlı olmadığı bulunmuştur. Bağımsız kullanımda etki büyüklüğü değerinin ($d=0,051$) çok zayıf olduğu; uygulama amacıyla kullanıldığında küçük bir etki büyüklüğünün ($d=0,285$) ortaya çıktığı ve sunum amacıyla kullanıldığında ise etki büyüklüğü değerinin ($d=0,955$) çok yüksek çıktığı görülmüştür. Elde edilen bu etki büyüklüklerinin sebebi yine karma gerçeklik teknolojisinin yeni olmasıyla ilgili olabilir. Sunum gibi daha basit görevlerle başlamak öğrencilerin karma gerçeklik ortamına ve içinde nasıl gezinip etkileşimde bulunacaklarına aşına olmalarına yardımcı olabilir. Bu, daha karmaşık görevlere doğru ilerlerken onları daha rahat ve güvenli hale getirebilir. Ayrıca uygulama becerileri bağlamında ele alırsak, daha karmaşık görevler için gerekli olacak belirli becerileri uygulamak için basit görevlerle başlanabilir. Basit görevlerle başlayıp karmaşıklığı kademeli olarak artırılması da öğrencilerin kendi hızlarında öğrenebilmesine ve becerilerini ve bilgilerini kademeli olarak geliştirebilmelerine olanak tanır. Bu, öğrenmeyi öğrenciler için daha yönetilebilir hale getirir, dışsal bilişsel yükü azaltarak

öğrenme sürecini de daha eğlenceli bir biçime getirebilir. Ayrıca basit görevlerle işe başlamak öğrenciler için daha ilgi çekici olabilir ve bu sayede derse katılımı da artırabilir. Karma gerçeklik meta-analizine dahil edilen yayınlarda kullanılan karma gerçeklik uygulamasının çevreleme durumu ‘çevreleyici’ ve ‘kısmen çevreleyici’ olarak 2 grupta incelendiğinde; çevreleme durumunun anlamlı bir moderatör olmadığı bulgusuna ulaşılmıştır. Kısmen çevreleyici olan yayınlar için genel etki büyüklüğü 0,372; çevreleyici olanlar için ise etki büyüklüğü 0,219 bulunmuştur. Her ikisi de küçük düzeyde ve pozitifdir. Çevreleyicilik öğrencilerin öğrenme ortamı bağlamında öğrendikleri ve gerçek dünyadaki fiziksel etkileşimleri arasında bağlantı kurmasını sağlar (Kwon, Kim ve Woo, 2016). Bu sebeple karma gerçekliğin sunduğu gerçek-sanal öğrenme ortamı gerçeklikten tamamen kopmadan olgu ve fenomenler arasındaki ilişkilerin daha doğru ve açık bir biçimde anlaşılmasını sağlar. Çevreleyiciliğin derecesi ise bilişsel yük teorisi bağlamında önem verilmesi gereken bir konudur.

5.4. Genişletilmiş Gerçeklik ile İlgili Tartışma

Sanal, artırılmış ve karma gerçekliğin fen başarısına etkisini ölçen deneysel çalışmalardan elde edilen veri setleri birleştirilmiş ve genişletilmiş gerçeklik olarak genel bir başlık altında toplanmıştır. Genişletilmiş gerçekliğin fen başarısına olan etkisini inceleyen deneysel çalışmalardan elde edilen 225 farklı etki büyüklüğünün meta-analizi sonucu elde edilen genel etki büyüklüğü 0,553 çıkmıştır. Bu durum, genişletilmiş gerçekliğin fen başarısı üzerinde orta büyüklükte bir etkiye sahip olduğu anlamına gelmektedir. Elde edilen etki büyüklüğü değerleri farklı alanlarda farklı çıkarımlar yapmayı sağlayabilir. Örneğin sağlık alanında 0,2 veya daha küçük bir etki büyüklüğü değeri elde etmek hayat kurtarmayla ilişkili olabilir ve bu yüzden elde edilen değerin pratikteki anlamlılığı çok daha yüksektir. Cohen's d değerinin 0,553 olması aslında farkın yaklaşık yarım standart sapmaya eşit olduğu anlamına gelmektedir. Eğitim alanı için 0,553 etki büyüklüğü değeri anlamlı bir değerdir. Bu değeri yorumlamanın en iyi yolu, literatürdeki diğer etkilerle ilişkilendirmek ve mümkünse etkinin pratikteki sonuçlarını açıklamaktır (Lakens, 2013). Ancak bu etkinin pratikteki sonuçlarını ortaya çıkarmaya ilişkin net bir öneri bulunmamakla birlikte (Fidler, 2002), ilgili literatürde genişletilmiş gerçeklik adıyla bir bütün olarak ele alınan herhangi bir çalışmaya rastlanmadığı için elde edilen etki büyüklüğü değeri diğer çalışmalarla kıyaslanamamaktadır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bölümde bulgu ve tartışmalar sonucunda ortaya çıkan sonuç ve önerilere ayrı başlıklar altında yer verilmiştir.

6.1. Sonuçlar

Bu bölümde sanal, artırılmış, karma ve genişletilmiş gerçeklikle ilgili sonuçlara yer verilmiştir.

6.1.1. Sanal gerçeklik ile ilgili sonuçlar

Sanal gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen ve meta-analize dahil edilen çalışmaların az sayıda da olsa 2000’li yıllarda başladığı, 2013 yılı ve sonrasında artışın hızla ivmelenmeye başladığı sonucuna ulaşılmıştır. Bunun yeni teknolojik gelişmelerle ve yatırımların artmasıyla ilgisi bulunmaktadır.

Sanal gerçeklikle ilgili en çok çalışma sayısı ABD, Türkiye ve Tayvan’dadır. Bunun sebebi ABD’deki Silikon Vadisi ve Tayvan’daki Hsinchu Bilim Parkı’dır. Teknolojiyle ilgili yeni fikirlerin ortaya çıktığı, orijinal ve yenilikçi ürünlerin geliştirildiği ve çok sayıda yatırımcı firmanın bulunduğu bu teknoloji parkları ayrıca fen ve mühendislik alanlarında tüm dünyada ilk sıralarda gelen üniversitelerle birlikte çalışmaktadır.

Sanal gerçekliğin fen başarısına etkisini araştıran 98 yayının genel etki büyüklüğü değeri orta büyüklükte çıkmıştır ($d=0,531$). Bu değer, sanal gerçeklik uygulamalarının anlamlılığına dair ve fen başarısıyla olan ilişkisinin gücüne ait bir göstergedir. Deneysel müdahalenin, kontrol gruplarına uygulanan yöntem veya araçlardan daha başarılı olduğuna dair kanıt sunmaktadır. Sanal gerçeklik bulunuşluk hissi, çevreleme gücü, etkileşim gibi özellikleriyle fen bilimleri alanında başarının artırılması için etkili bir araçtır. Bu meta-analiz çalışması diğer meta-analiz çalışmalarından, fen bilimlerine özel olarak yürütülmesi ve kapsamına çok sayıda yayın almasıyla farklılaşmaktadır. Sonuç olarak fen bilimleri alanında sanal gerçeklik kullanımı fen başarısını orta düzeyde, anlamlı ve dikkat çekici bir biçimde artırmaktadır.

Meta-analizde sanal gerçekliğe has, araştırmanın kendisine ve yöntemine uygun olabilecek alt kategoriler belirlenmiş ve bu kategorilere göre ortalama etki büyüklüklerinin anlamlı bir farklılık gösterip göstermediği incelenerek heterojenliğin olası sebepleri araştırılmıştır. Aşağıda bu moderatörlerin incelenmesi sonucu anlamlı olanlar ve olmayanlara ilişkin sonuçlar sıralanmıştır.

1. Yayın türünün etki büyüklüğündeki heterojenliği açıklayan bir moderatör olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Yayının yüksek lisans tezi, doktora tezi veya makale olması anlamlı bir farklılığa sebep olmamaktadır. Önemli olan sanal gerçeklik uygulamalarının incelenen fen konusuna uygun bir biçimde tasarlanması ve deneysel şartların sağlanmasıdır.
2. Deneysel desen türünün anlamlı bir moderatör olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Araştırmaların baştan sonra iyi kurgulanması ve uygulamada bu kurguya bağlı kalarak devam edilmesi önemlidir. Gerçek deneysel veya yarı deneysel olarak yürütülmesi ortalama etki büyüklükleri bağlamında bir farklılaşmaya sebep olmamaktadır.
3. Fen bilimlerine özel olarak yürütülen bu meta-analizin sonuçlarına göre okul düzeyi, ortalama etki büyüklüğündeki varyansı açıklayan bir moderatör değildir. İlkokul, ortaokul, lise ve yükseköğretimde kullanılmasının benzer etki büyüklüğü değerleri ortaya çıkardığı sonucuna ulaşılmıştır.
4. Ortaokul sınıf düzeyi 6, 7 ve 8. sınıf olarak ele alındığında anlamlı bir moderatör olmadığı görülmüştür. Doğru biçimde tasarlanan sanal gerçeklik uygulamaları her sınıf düzeyinde pozitif anlamda başarıyı etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.
5. Disiplin moderatörünün sanal gerçekliğin fen başarısına olan etki büyüklüğündeki heterojenliği açıklayan istatistiksel olarak anlamlı bir moderatör olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle fizik derslerinde sanal gerçeklik fen başarısını yüksek düzeyde artırmaktadır.
6. Kullanılan sanal gerçekliğin türü sanal dünya, sanal ve eğitici oyun, simülasyon ve temsil olarak alt kategorilere ayrılarak ortalama etki büyüklükleri incelendiğinde bu moderatörün anlamlı olduğu, en yüksek etki büyüklüğü değerinin simülasyonda ve

ona yakın olmak üzere sanal ve eğitici oyunlarda yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

7. Kontrol grubuna uygulanan yöntem veya araçlar 5 farklı kategori olarak incelendiğinde, özellikle geleneksel yöntemin kullanıldığı durumlarda sanal gerçekliğin fen başarısı üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sanal gerçeklik, geleneksel yöntemle kıyasla fen başarısını artırmada oldukça etkilidir. Kontrol grubuna somut/3 boyutlu model kullanıldığında ise sanal gerçekliğin fen başarısına olan etki büyüklüğü negatif çıkmaktadır. Fen bilimlerindeki soyut fenomenlerin anlaşılabilirliğini artıran modellerin kullanımının faydalı olduğu sonucu çıkmaktadır. Ancak somut modellerle yapılan çalışma sayısının az olması, kesin sonuçlar elde etmeyi engellemektedir.
8. Veri toplama aracı olarak standart test veya araştırmacının/öğretmenin geliştirdiği testin kullanılması anlamlı bir farklılığa yol açmamaktadır. Ölçme aracının dersin yapısına, kazanımlarına ve sanal gerçekliğin hedeflediği konuya uygun olması yeterlidir.
9. Sanal gerçeklikte öğrencilere verilen görevin bireysel veya işbirlikli olarak yürütülmesi fen başarısı üzerinde anlamlı bir farklılığa sebep olmamaktadır. Sanal gerçeklik uygulamaları bilginin iletiminde kullanılan bir ortam işlevi gördüğü için, görevin işbirlikli veya bireysel olması konunun yapısına ve kullanılan öğretim yöntemine göre seçilmelidir.
10. Sanal gerçeklikte öğrencilere verilen görevin açıklayıcı bilgi veya işlemsel bilgi gerektirmesi, fen başarısı bağlamında herhangi bir farklılık yaratmamaktadır. Görevin gerektirdiği bilgi türü başarı için bir kriter değildir.
11. Sanal gerçekliğin kullanımı sırasında öğrenciye geri bildirim verilmesi veya verilmemesi, fen başarısı açısından anlamlı bir farklılığa yol açmamaktadır.
12. Sanal gerçeklik aracının kontrolünün öğrencide olması veya olmaması durumu fen başarısı açısından anlamlı bir farklılık yaratmamaktadır.
13. Sanal gerçekliğin sunum, uygulama veya bağımsız kullanım amaçlarıyla kullanılması anlamlı bir moderatör olmasa da fen başarısını artırmaktadır.

14. Sanal gerçeklikte kullanılan görüntüleme aracının HMD gibi giyilebilir bir teknoloji olması veya masaüstü bilgisayar veya mobil cihazlar gibi 2 boyutlu görüntüleme cihazı olması, fen başarısında anlamlı bir farklılığa sebep olmamaktadır. Her iki görüntüleme teknolojisi fen başarısını orta düzeyde artırmaktadır.
15. Öğrenme ortamının sınıf veya uzaktan olması anlamlı bir moderatördür. Öğrenme ortamının sınıf olduğu durumlarda fen başarısı orta düzeydedir ve uzaktan olduğunda ise etki büyüklüğü değeri negatif çıkmaktadır.

6.1.2. Artırılmış gerçeklik ile ilgili sonuçlar

94 deneysel çalışmanın ve 100 etki büyüklüğünün dahil edildiği meta-analiz sonucunda genel etki büyüklüğü 0,637 ile orta düzeyde çıkmıştır. Fen bilimlerinde artırılmış gerçeklik kullanımı dikkat çekici bir biçimde fen başarısını artırmaktadır.

Meta-analizde artırılmış gerçekliğe has, araştırmanın kendisine ve yöntemine uygun olabilecek alt kategoriler belirlenmiş ve bu kategorilere göre ortalama etki büyüklüklerinin anlamlı bir farklılık gösterip göstermediği incelenerek heterojenliğin olası sebepleri araştırılmıştır. Aşağıda bu moderatörlerin incelenmesi sonucu anlamlı olanlar ve olmayanlara ilişkin sonuçlar sıralanmıştır.

1. Yayın türü anlamlı bir moderatör değildir. Meta-analize dahil edilen çalışmaların makale, yüksek lisans tezi veya doktora tezi olması istatistiksel olarak anlamlı bir bulgu vermediği için, yayın türü artırılmış gerçekliğin fen başarısına olan ortalama etki büyüklüğündeki varyansı açıklayacak bir kategori değildir.
2. Meta-analize dahil edilen yayınların gerçek deneysel ya da yarı deneysel olması etki büyüklüklerinde anlamlı bir farklılık oluşturmamaktadır. Gerçek deneysel çalışmaların ve yarı deneysel çalışmaların etki büyüklükleri birbirine çok yakındır.
3. Okul düzeyi, artırılmış gerçekliğin fen başarısıyla olan ilişkisini etkileyen bir moderatördür. İlkokul, ortaokul, lise ve yükseköğretim olarak incelenen yayınlarda en büyük etki büyüklüğü değeri ortaokul için bulunmuştur. İlkokul, lise ve yükseköğretim için de pozitif ve birbirine yakın sonuçlar elde edilmiştir.

4. Ortaokul sınıf düzeyi, artırılmış gerçekliğin fen başarısına olan ortalama etki büyüklüğünde anlamlı bir moderatör değildir. Her üç sınıf düzeyi için de etkinin pozitif ve yüksek olmasını sağlamaktadır.
5. Disiplin, artırılmış gerçekliğin fen başarısına olan etkisindeki varyansı açıklama gücüne sahip anlamlı bir moderatördür. İlk olarak kimya disiplininde ve ona yakın bir büyüklükle ikinci sırada fizik disiplininde artırılmış gerçekliğin yükseğe yakın bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
6. Kullanılan artırılmış gerçekliğin işaretçi tabanlı veya lokasyon tabanlı olması, fen başarısına olan etki büyüklüğündeki varyasyonu açıklayan bir değişken değildir.
7. Kontrol grubuna uygulanan yöntem, artırılmış gerçekliğin fen başarısına olan genel etki büyüklüğündeki varyasyonu açıklayan bir moderatördür. Özellikle geleneksel yöntem yerine artırılmış gerçekliğin kullanılması etki büyüklüğünün yükseğe yakın bir düzeyde çıkmasına sebep olmaktadır.
8. Ölçme aracının standart test veya araştırmacının/öğretmenin geliştirdiği bir test olması, ortalama etki büyüklüğündeki değişkenliği açıklayan değişkenlerden birisidir. Araştırmacının/öğretmenin geliştirdiği testlerde etki büyüklüğü, standart testlerin kullanıldığı çalışmalardan elde edilen etki büyüklüğüne göre çok daha yüksektir.
9. Artırılmış gerçeklikte öğrencilere verilen görevin bireysel veya işbirlikli olarak yürütülmesi fen başarısı üzerinde anlamlı bir farklılığa sebep olmamaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisi bilginin iletiminde kullanılan bir ortam işlevi gördüğü için, görevin işbirlikli veya bireysel olması konunun yapısına ve kullanılan öğretim yöntemine göre seçilmelidir.
10. Artırılmış gerçeklikte öğrencilere verilen görevin açıklayıcı bilgi veya işlemsel bilgi gerektirmesi, fen başarısı bağlamında herhangi bir farklılık yaratmamaktadır. Görevin gerektirdiği bilgi türü başarının artırılmasında kullanılabilecek bir değişken değildir.

11. Artırılmış gerçekliğin sunum, uygulama veya bağımsız kullanım amaçlarıyla kullanılması anlamlı bir moderatör değildir. Özellikle sunum amacıyla kullanılması yükseğe yakın etki büyüklüğü ortaya çıkarmakta, diğer modlarda da pozitif ve orta etki büyüklüğüne sebep olmaktadır.
12. Artırılmış gerçeklikte kullanılan görüntüleme aracının monitör tabanlı veya transparan optik sistem olması, fen başarısı açısından ortaya çıkan ortalama etki büyüklüğünü açıklamamaktadır.
13. Artırılmış gerçekliğin kullanıldığı öğrenme ortamının sınıf veya okul dışı olması, varyasyonu açıklayan anlamlı bir moderatör değildir. İster sınıfta ister okul dışında kullanılsın etki büyüklükleri pozitif, orta-yüksek arası ve birbirine yakın olarak çıkmaktadır.

6.1.3. Karma gerçeklik ile ilgili sonuçlar

Karma gerçekliğin fen başarısı üzerinde küçük bir etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Karma gerçeklik çok yeni bir teknolojidir. Sanal ve artırılmış gerçekliğe göre daha karmaşık bir teknoloji olduğu için kullanımının yaygınlaşması ve yayın sayısının artması önemlidir.

Çalışmalar arası heterojenlik yüksek çıktığı için bu varyasyona sebep olan olası değişkenler üzerinden moderatör analizleri gerçekleştirilmiştir. Aşağıda bu moderatörlerin incelenmesi sonucu anlamlı olanlar ve olmayanlara ilişkin sonuçlar sıralanmıştır.

1. Okul düzeyi anlamlı bir moderatördür ve etki büyüklüğündeki varyansı açıklayan değişkenlerden biridir. En büyük etki büyüklüğü değeri lise düzeyinde elde edilmiştir ve yüksek etki büyüklüğüdür. Ortaokul ve yükseköğretimde karma gerçeklik kullanımı pozitif ve küçük bir etkiye sahiptir. Lise düzeyinde kullanılması fen başarısını artırmaktadır.
2. Disiplin anlamlı bir moderatör olarak bulunmuş ve özellikle kimya derslerinde kullanımı sonucu fen başarısı bağlamında etki büyüklüğü yüksek etkiye yakın çıkmıştır. Fizik ve biyoloji derslerinden elde edilen etki büyüklükleri pozitif olsa da düşük düzeydedir.

3. Karma gerçeklik uygulamasında oyunlaştırma unsurunun varlığı durumu anlamlı bir moderatör olarak çıkmıştır. Oyunlaştırmanın olduğu karma gerçeklik uygulamalarının fen başarısını artırma açısından ortaya çıkan etki büyüklüğü yüksek düzeydedir.
4. Karma gerçeklikle hitap edilen duyular ‘görsel+işitsel’, ‘görsel+dokunsal’ ve ‘görsel+işitsel+dokunsal’ olmak üzere 3 kategoride incelenmiş ancak anlamlı bir farka sebep olmadığı görülmüştür. Yine de en yüksek etki büyüklüğü değerinin 3 duyuya birden hitap eden karma gerçeklik uygulamalarından elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır.
5. Karma gerçeklikte manipüle edilen objenin sanal veya gerçek olması, karma gerçekliğin fen başarısı üzerindeki genel etki büyüklüğündeki varyansı açıklayan bir moderatör olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak gerçek objenin manipüle edilmesiyle ortaya çıkan etki büyüklüğü önemsiz derecede küçükken, sanal objelerin manipüle edildiği çalışmalardan elde edilen etki büyüklüğünün orta dereceye yakın olduğu görülmüştür.
6. Karma gerçeklikte bedenleştirilmiş öğrenmenin gerçekleştirilmesi için hareket, jest ve hareket+jest olmak üzere 3 kategori altında yayınlar incelenmiş ve bunun anlamlı bir moderatör olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak hareket+jest öğelerinin birlikte kullanıldığı yayınların ortalama etki büyüklüğünün diğerlerine kıyasla çok daha yüksek çıktığı görülmüştür.
7. Karma gerçeklikte artırılmış gerçekliğin veya artırılmış sanallığın baskın olması durumu fen başarısı bağlamında anlamlı bir farklılık yaratmamıştır.
8. Kontrol grubuna uygulanan yöntem veya araçlar 2 farklı kategori olarak incelendiğinde, özellikle geleneksel yöntemin kullanıldığı durumlarda karma gerçekliğin fen başarısı üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Karma gerçeklik, geleneksel yönteme kıyasla fen başarısını artırmada oldukça etkilidir.

9. Karma gerçekliğin fen başarısına olan etkisinin incelendiği araştırmalarda kullanılan ölçme araçlarının standart bir test olması veya araştırmacı/uygulayıcı öğretmen tarafından geliştirilmesi durumları anlamlı bir farklılık yaratmamıştır.
10. Karma gerçeklik uygulamalarında öğrencilere verilen görevin bireysel olarak ya da işbirlikli bir çalışma içerisinde tamamlanması, fen başarısı bağlamında anlamlı bir farklılığa sebep olmamaktadır.
11. Karma gerçeklik uygulamalarında öğrencilere verilen görevin açıklayıcı veya işlemsel bilgi gerektirmesi durumunun, fen başarısı üzerindeki etki büyüklüğü ortalamaları arasında anlamlı bir farka sebep olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.
12. Karma gerçekliğin sunum, uygulama veya bağımsız kullanım amaçlarıyla kullanılmasının fen başarısı üzerindeki etki büyüklükleri açısından anlamlı bir farklılık yaratmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Ancak sunum amacıyla kullanıldığında ortalama etki büyüklüğü değerinin çok yüksek çıktığı, uygulama ve bağımsız kullanımda ise düşük düzeyde olduğu bulunmuştur.
13. Karma gerçeklik uygulamasının çevreleme durumu ‘çevreleyici’ ve ‘kısmen çevreleyici’ olarak incelendiğinde fen başarısı üzerinde pozitif ve küçük düzeyde etkiye sahip oldukları ancak bu bulgunun anlamlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

6.1.4. Genişletilmiş gerçeklik ile ilgili sonuçlar

Genişletilmiş gerçekliğin fen başarısına etkisini araştıran 218 çalışmadan elde edilen farklı 225 etki büyüklüğü değerinden elde edilen genel etki büyüklüğü değeri, pozitif, anlamlı ve orta büyüklüktedir ($d=0,553$). Deneysel müdahalenin, kontrol gruplarına uygulanan yöntem veya araçlardan daha başarılı olduğuna dair kanıt sunmaktadır.

6.2. Öneriler

Bu bölümde, sanal artırılmış, karma ve genişletilmiş gerçeklik ile ilgili, uygulayıcılara ve araştırmacılara yönelik önerilere yer verilmiştir.

6.2.1. Sanal gerçeklik ile ilgili öneriler

1. Sanal gerçeklik uygulamaları fen başarısını artırmakta olduğu için disiplin fark etmeksizin dersin konusu ve doğasına uygun ise kullanılması önerilmektedir.
2. Yayın türü anlamlı bir moderatör değildir. Ancak bu meta-analiz çalışmasına bildiriler dahil edilmemiştir. Sonraki çalışmalarda sanal gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen bildirilerin de dahil edilmesi önerilmektedir.
3. Deneysel desen türü anlamlı bir moderatör değildir ve araştırmanın yürütüleceği ortamın elverdiği şekilde desen türü belirlenebilir.
4. Sanal gerçeklik ilköğretim, ortaokul, lise ve yükseköğretimde fen bilimine ait disiplinlerde kullanılabilir. Ancak okul öncesi düzeye ilişkin çalışmaların yeterli düzeyde bulunamaması, bu düzeyin kıyaslamaya dahil edilememesine sebep olmuştur. Fen bilimine ait disiplinlerde sanal gerçeklikle ilgili çalışmaların okul öncesi düzeyde de yapılması, ayrıca bundan sonraki meta-analizlere bu çalışmaların da dahil edilmesi önerilmektedir.
5. Ortaokul sınıf düzeyinin sanal gerçekliğin fen başarısına olan ortalama etki büyüklüğündeki heterojenliği açıklamamaktadır. Bu bağlamda, sanal gerçeklik uygulamalarının tasarlanmasında sınıf düzeyindeki kazanımların dikkate alınmasının yeterli olduğu önerisi yapılabilir.
6. Sanal gerçeklik uygulamalarının özellikle fizik derslerinde başarıyı artırmıştır. Bu disiplinlerdeki soyut ve teorik konuların daha anlaşılır hale getirilmesinde sanal gerçekliğin daha sık kullanılması ve daha fazla uygulama geliştirilmesi önerilmektedir.
7. Simülasyonların ve sanal ve eğitici oyunların fen başarısını diğer sanal gerçeklik türlerine göre anlamlı düzeyde artırdığı görülmüştür. Objelerin manipüle edilebildiği ve sebep-sonuç ilişkilerinin görülebildiği, ayrıca oyunlaştırmanın olduğu sanal gerçeklik uygulamalarının fen başarısını artırmada elverişli araçlar olarak kullanılabilir. Ancak kategorilere ayrıldığında simülasyonun kullanıldığı çalışma sayısının diğerlerine göre çok sayıda olması da dikkat çekicidir. Bu sebeple sanal dünya, sanal ve eğitici oyun ve temsil kategorilerinde de daha fazla deneyse

çalışmaya ihtiyaç olduğu görülmektedir. Ayrıca teknolojilerin özelliklerine göre farklı kategoriler oluşturulması ve moderatör olarak incelenmesi önerilmektedir.

8. Fen bilimlerine ait disiplinlerde geleneksel yöntemler yerine sanal gerçeklik gibi teknolojilerin mümkün olduğunca kullanılması önerilmektedir. Kontrol gruplarında somut/3 boyutlu model kullanılması etki büyüklüğü değerini negatif çıkarmaktadır. Çalışma sayısı çok az olduğu için bu karşılaştırmanın yapıldığı deneysel çalışmaların gerçekleştirilmesi önerilmektedir.
9. Sanal gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen deneysel çalışmalarda, ölçme aracının türünden ziyade kazanımları kapsayıp kapsamadığı dikkate alınmalıdır. Bu sebeple mutlaka uzman görüşünden faydalanılmalıdır.
10. Uygulayıcıların sanal gerçeklikte öğrencilere verilen görevin işbirlikli veya bireysel olmasına, ele alınan konu ve dersin kazanımları gibi farklı faktörleri dikkate alarak karar vermesi önerilmektedir.
11. Sanal gerçeklikteki görevin açıklayıcı veya işlemsel bilgi gerektirmesi başarı bağlamında bir farklılık yaratmamaktadır. Bunun yerine sanal gerçekliğin hangi öğretim stratejileri eşliğinde kullanıldığı gibi faktörlerin incelenmesi önerilmektedir.
12. Sanal gerçeklik kullanımı esnasında geribildirim olmasa veya olmaması durumuna yönelik literatürde de çelişkili sonuçlar olması, özellikle geribildirim üzerine yoğunlaşan çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.
13. Sanal gerçeklik aracının kontrolünün öğrencide olup olmamasının anlamlı bir farklılık yaratmadığı görülmüştür. Ancak burada çevreleme derecesi, bulunuşluk hissi, görevin karmaşıklık düzeyi, bilişsel yük durumu gibi faktörlerin göz önünde bulundurulması ve bu değişkenlere göre karar verilmesi önerilmektedir.
14. Sanal gerçeklik uygulamaları; sunum, uygulama veya bağımsız kullanım amacıyla kullanılabilir. Bu kullanım türlerinden hangisinin elverişli olacağı bağlamsal bir durumdur ve dersin kazanımlarına ve konunun yapısına göre karar verilmesi önerilmektedir.

15. Görüntüleme cihazları başarı bağlamında anlamlı bir farklılık yaratmadığı için, giyilebilir teknolojilerin ekonomik açıdan daha külfetli olması durumu göz önünde bulundurularak ulaşılabilir olan teknolojilerin kullanılması önerilmektedir. Ayrıca HMD gibi giyilebilir teknolojilerle ilgili yapılacak daha çok araştırmaya gereksinim vardır.
16. Gerekli teknolojik ve pedagojik desteğin verilebilmesi adına sanal gerçeklik kullanımında sınıf ortamının tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca literatürde fen bilimleri alanlarında uzaktan sanal gerçeklik kullanımına ilişkin deneysel çalışma sayısı çok az olduğu için, bu değişkenin dikkate alınarak araştırma sayısının artırılması önerilmektedir.

6.2.2. Artırılmış gerçeklik ile ilgili öneriler

1. Fen bilimleri derslerinde konuların hedef ve kazanımlarına uygun ise artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanımı önerilmektedir.
2. Yayın türünün artırılmış gerçekliğin fen başarısına olan etkisinde bir payı olmadığı için, çalışmalar tasarlanırken dikkate alınması gereken tasarım sürecinin ve protokollerin oluşturulması ve buna sıkı sıkıya bağlı kalınmasıdır. Bu meta-analize bildiriler dahil edilmediği için, sonraki meta-analiz çalışmalarına bu yayın türünü de dahil edilerek karşılaştırma yapılabilir.
3. Araştırma deseninin gerçek veya yarı deneysel olması etki büyüklükleri açısından bir farklılık yaratmadığı için, artırılmış gerçekliğin fen başarısına etkisini inceleyen çalışmalarda dikkat edilmesi gerekenler prosedürün iyi kontrol edilmesi net araştırma sorularının olması, uygun örneklemin, desen ve istatistiksel testlerin kullanılmasıdır.
4. Okul düzeyi değişkeni tüm düzeylerde pozitif etki büyüklüğüne yol açmaktadır. Özellikle ortaokul düzeyinde yüksek etkiye sahiptir. Bu bağlamda ortaokullarda uygulanması ve ortaokul fen bilimlerine uygun artırılmış gerçeklik uygulamalarının sayısının artırılması önerilmektedir. Okul düzeyi kategorisinde okul öncesine yönelik çalışma bulunamadığı için, sonraki meta-analiz çalışmalarında bu okul düzeyinin de dahil edilmesi önerilmektedir.

5. Ortaokul sınıf düzeyi fen başarısı bağlamında anlamlı bir fark yaratmadığı için, özel olarak belirli bir sınıf düzeyine göre çalışma yapmak yerine başka değişkenlerin hesaba katılacağı araştırmalar tasarlanmalıdır.
6. Artırılmış gerçeğin özellikle kimya ve fizik disiplinlerinde başarıyı yükseğe yakın düzeyde artırdığı bulunduğu için, atomlar ve moleküller arasındaki uzamsal ilişkiler, kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesi, yer çekimi, gezegenlerin yörüngeleri gibi soyut ve teorik konuların görselleştirilmesinde ve sebep-sonuç ilişkilerinin incelenmesinde sıklıkla kullanılması önerilmektedir.
7. Artırılmış gerçeğin işaretçi tabanlı veya lokasyon tabanlı olması, fen başarısını artırma anlamında mevcut veriler ışığında dikkate alınmasına gerek olmayan bir özelliktir. Artırılmış gerçeklikle hangi fen konusunun sunulacağı, bilginin yapısı ve öğrenme ortamının özellikleri dikkate alınmalıdır.
8. Fen bilimlerine ait derslerde geleneksel yöntem yerine şayet uygunsa artırılmış gerçeklik kullanılması, fen başarısını artırdığı için önerilmektedir.
9. Artırılmış gerçeğin fen başarısına olan etkisinin inceleneceği çalışmalarda araştırmacının/öğretmenin geliştirdiği ölçme araçlarının kullanılması önerilmektedir. Bu testlerin disiplin, konu ve kazanımlarla ilişkisinin daha yüksek olması, başarının artmasındaki etkenlerden biri olabileceği için, araştırmacı veya öğretmenlerin ölçme araçlarını kendilerinin geliştirmesi daha pozitif sonuçlara sebep olmaktadır.
10. Uygulayıcıların artırılmış gerçeklikte öğrencilere verilen görevin işbirlikli veya bireysel olmasına, ele alınan konu ve dersin kazanımları gibi farklı faktörleri dikkate alarak karar vermesi önerilmektedir.
11. Artırılmış gerçeklikteki görevin açıklayıcı veya işlemsel bilgi gerektirmesi başarı bağlamında bir farklılık yaratmadığından, bilgi türünden ziyade artırılmış gerçeğin hangi öğretim stratejileri eşliğinde kullanıldığı gibi faktörlerin incelenmesi önerilmektedir.
12. Artırılmış gerçeklik uygulamaları; sunum, uygulama veya bağımsız kullanım amacıyla kullanılabilir çünkü ne amaçla kullanılırsa kullanılsın başarıyı

artırmaktadır. Bu kullanım türlerinden hangisinin elverişli olacağı bağlamsal bir durumdur ve dersin kazanımlarına ve konunun yapısına göre karar verilmesi önerilmektedir. Ayrıca bilişsel yükü azaltması açısından teorik ve karmaşık konularda sunum amacıyla kullanılması da uygun olabilir.

13. Artırılmış gerçeklikte kullanılan görüntüleme aracının monitör tabanlı olması veya transparan optik sistem olması başarı bağlamında bir farklılık yaratmadığı için, en ulaşılabilir ve ekonomik olarak en uygun olanların kullanılması önerilmektedir. Ayrıca transparan optik sistemlerin kullanıldığı gerçeklik araçlarıyla ilgili daha fazla deneysel çalışmanın yapılmasına ihtiyaç vardır.
14. Öğrenme ortamının sınıf içi olması veya okul dışı olması, fen başarısını artırma açısından tercih gerektiren bir seçenek değildir. İşlenen konunun yapısına ve teknolojinin yeterlilik durumuna göre sınıf içinde veya okul dışında kullanımının tercih edilmesi önerilmektedir. Ayrıca okul dışı ortamlarda artırılmış gerçeklik kullanımına ilişkin daha fazla sayıda deneysel çalışmaya ihtiyaç vardır.

6.2.3. Karma gerçeklik ile ilgili öneriler

1. Karma gerçeklik fen başarısını artırmada kullanılabilir bir teknolojidir. Ancak yayın sayısı henüz az olduğu için, bu teknolojilerin maliyetlerinin düşmesi ve kullanımının yaygınlaşması gerektiği için, literatürde yayın sayısı arttıktan sonra tekrar meta-analiz çalışması yapılması önerilmektedir.
2. Karma gerçeklik ortaokul, lise ve yükseköğretimde fen başarısını artırsa da özellikle lise düzeyinde kullanımı yüksek etki büyüklüğü sağladığı için, bu düzeyin fen konularına yönelik karma gerçeklik uygulamaları geliştirilmelidir. Ayrıca en çok çalışmanın yükseköğretimde yapıldığı sonucuna ulaşıldığından, diğer okul düzeyleri için de araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır.
3. Fen başarısını artırmak için karma gerçeklik teknolojisinin özellikle kimya disiplininde kullanılması önerilmektedir çünkü kimya disiplinin maddenin yapısıyla, madde ve enerji arasındaki ilişkiyle, kimyasal reaksiyonlarla, atom ve molekül gibi gözle görülmeyen parçacıklarla ilişkili soyut bir bilim dalıdır ve doğal fenomenlerin arkasında yatan yasaların doğrudan gözlemlenebilmesini imkânsız hale

getirmektedir. Karma gerçeklik bu soyut fenomenleri anlama ve mikro parçacıkları manipüle etme imkânı tanıdığı için kimyayı daha iyi anlama ve böylece fen başarısını artırma potansiyeline sahiptir.

4. Karma gerçeklik uygulamaları geliştirilirken oyunlaştırma unsurunun olması önemlidir çünkü oyunlaştırmanın fen başarısını artırdığı görülmektedir.
5. Karma gerçekliğin hitap ettiği duyular anlamlı bir moderatör olmasa da bu duyuların sayısı arttıkça ortalama etki büyüklüğü değerinin de arttığı görülmüştür. Daha fazla çalışmanın yapılmasına ve meta-analize dahil edilmesine ihtiyaç vardır. Geliştirilecek olan karma gerçeklik teknolojilerinde hitap edilen duyuların sayısı artırılması ve öğrenme üzerindeki etkisi ve öğrenmenin kalıcılığı gibi değişkenlerin incelenmesi önerilmektedir.
6. Karma gerçeklikte manipüle edilen objenin sanal veya gerçek olması anlamlı bir moderatör değildir ancak sanal objelerin manipüle edilmesi çevreleme gücünü yükseltmekte, doğallık hissini artırmakta ve en önemlisi de geri döndürme özelliği sunarak deneme-yanılma imkânı sağlamaktadır. Bu sebeple karma gerçeklik teknolojisi geliştirilirken sanal objeleri manipüle etme olanağının sağlanması önemli bir özelliktir.
7. Bedenleştirilmiş öğrenme, aktif ve kalıcı öğrenme için önemli bir stratejidir ve karma gerçeklik bu stratejinin gerçekleştirilmesinde büyük imkanlar sunmaktadır. Karma gerçeklik teknolojileri geliştirilirken bedenleştirilmiş öğrenme ilkelerinin dikkate alınması ve olabildiğince çok beden hareketinin işe koşulması önerilmektedir.
8. Karma gerçeklikte artırılmış gerçeklik ve artırılmış sanallığın baskın olması herhangi bir farklılığa sebep olmamaktadır. Her ikisi de fen başarısını artırmakta, bu sebeple zengin deneyimlere olanak sağlayan her türlü tasarımın kullanılması önerilmektedir.
9. Fen bilimlerine ait disiplinlerde geleneksel yöntemler yerine karma gerçeklik gibi yenilikçi ve modern teknolojilerin mümkün olduğunca kullanılması önerilmektedir.
10. Veri toplama aracının durumu anlamlı olmadığı için, ölçme aracının dersin yapısına, kazanımlarına ve karma gerçekliğin hedeflediği konuya uygun olması dikkate alınmalıdır.

11. Uygulayıcıların karma gerçeklikte öğrencilere verilen görevin işbirlikli veya bireysel olmasına, ele alınan konunun yapısı ve dersin kazanımları gibi farklı faktörleri dikkate alarak karar vermesi önerilmektedir.
12. Karma gerçeklikteki görevin açıklayıcı veya işlemsel bilgi gerektirmesi başarı bağlamında bir farklılık yaratmamaktadır. Bunun yerine karma gerçekliğin hangi öğretim stratejileri eşliğinde kullanıldığı gibi faktörlerin incelenmesi önerilmektedir. Ayrıca bu yeni teknolojiye aşina olabilmek ve ileride daha karmaşık görevler amacıyla kullanılabilmesi için, daha basit düzeyde açıklayıcı bilgi gerektiren görevlerle başlanması önerilmektedir.
13. Karma gerçeklik sanal ve artırılmış gerçekliğe kıyasla daha karmaşık ve daha yenilikçi bir teknolojidir. Teknolojinin kullanımının yaygınlaşması önemlidir. Çünkü sahip olduğu karmaşıklık bilişsel yükü artırma ve denge ve baş dönmesi sorunlarına yol açma potansiyeline sahiptir. Yayın sayısının artması ve karma gerçekliğin yaygınlaşması ile yeni meta-analiz çalışmalarının yapılmasına ve öğretimin modu moderatörünün tekrar incelenmesine ihtiyaç vardır. Ayrıca karma gerçeklik teknolojilerinin bilişsel yükü artırmayacak biçimde tasarlanması önemlidir.
14. Karma gerçekliğin çevreleme durumu anlamlı bir değişken olmasa da karma gerçeklikteki gerçek-sanal öğrenme ortamı gerçeklikten tamamen kopmadan olgu ve fenomenler arasındaki ilişkilerin daha doğru ve açık bir biçimde anlaşılmasını sağlayacak biçimde tasarlanmalıdır.

6.2.4. Genişletilmiş gerçeklik ile ilgili öneriler

1. Fen bilimlerine ait disiplinlerde kullanılan genişletilmiş gerçeklik uygulamaları akademik başarıyı artırmaktadır. Bu sebeple gerekli olduğu durumlarda disiplin fark etmeksizin teknolojinin yapısına, fen derslerinin konusu ve kazanımlarına uygun genişletilmiş gerçeklik uygulamalarının geliştirilmesi ve kullanılması önerilmektedir.
2. Mevcut moderatör analizlerinde kategorilerde bulunan çalışma sayıları birbirlerinden oldukça farklı çıkmıştır. Bu durum istatistiksel güç anlamında bir sınırlılık

oluşturmaktadır. Bu moderatörlerin ele alınarak yeni deneysel çalışmalarda üzerinde titizlikle durulması önerilmektedir. Ayrıca ileride yapılacak olan meta-analiz çalışmalarında benzer moderatörlerin incelenmesi ve anlamlılık durumlarının ortaya çıkarılarak mevcut çalışmayla karşılaştırılması önerilmektedir.

3. Araştırmacıların veri tabanlarında asıl taramayı yapmadan önce pilot tarama yaparak anahtar kelimeleri doğru biçimde belirlemeleri ve bu sayede ortaya çıkacak yayın sayısının daha makul seviyelere çekilmesi önerilmektedir.
4. Genişletilmiş gerçeklik türleri için moderatör belirlemede literatürün iyi taranması ve etki büyüklüklerindeki varyasyonu açıklayabilecek diğer moderatörlerin de ortaya çıkarılması önerilmektedir.
5. Bu çalışmada fen eğitimi ve genişletilmiş gerçeklik alanında İngilizce ve Türkçe dillerinde yazılmış yayınlara yönelik bir meta-analiz gerçekleştirilmiştir. Bundan sonra yapılacak meta-analizlere farklı dillerin de dahil edilmesi önerilmektedir. Böylece ileride yapılma ihtimali olan bir meta-analizlerin meta-analizi çalışması için dil bağlamında yayım yanlılığının düşük olması sağlanabilir.
6. Genişletilmiş gerçeklik uygulamalarının fen dersinde başarı dışındaki değişkenlere etkisinin de araştırılması ve buna yönelik meta-analiz çalışması yapılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Yıldız işaretli referanslar meta-analize dahil edilen çalışmaları göstermektedir.

*Abdusselam, M. S. and Karal, H. (2020). The effect of using augmented reality and sensing technology to teach magnetism in high school physics. *Technology, Pedagogy and Education*, 29(4), 407-424. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2020.1766550>.

Abich, J., Parker, J., Murphy, J. S. and Eudy, M. (2021). A review of the evidence for training effectiveness with virtual reality technology. *Virtual Reality*, 25, 919-933. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00498-8>.

*Agboola, Sola, O. and Olabimpe, H. J. (2017). Effects of physical and virtual laboratory experimentation on students' learning outcomes in basic science in Ife central local government area, Osun state. *Journal of Curriculum and Instruction*, 10(2).

Aiello, P., D'elia, F., Di Tore, S. and Sibilio, M. (2012). A constructivist approach to virtual reality for experiential learning. *E-Learning and Digital Media*, 9(3), 317-324. <http://dx.doi.org/10.2304/elea.2012.9.3.317>.

Akçayır, G. (2018). *Artırılmış gerçekliğin eğitimde etkisinin incelenmesi: Meta-analiz ve sistematik kaynak taraması araştırması* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi.

*Akkiren, B. (2019). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının 6. sınıf öğrencilerinin dolaşım sistemi konusundaki akademik başarılarına ve fen bilimleri dersine karşı tutumlarına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi.

*Al-Amri, A., Osman, M. and Al Musawi, A. (2020). The Effectiveness of a 3D-virtual reality learning environment (3D-VRLE) on the Omani eighth grade students' achievement and motivation towards physics learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(5), 4-16. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i05.11890>.

Ali, A. A., Dafoulas, G. A. and Augusto, J. C. (2019). Collaborative educational environments incorporating mixed reality technologies: A systematic mapping study. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 12(3), 321-332.

*Allcoat, D., Hatchard, T., Azmat, F., Stansfield, K., Watson, D. and von Mühlenen, A. (2021). Education in the digital age: Learning experience in virtual and mixed realities. *Journal of Educational Computing Research*, 59(5), 795-816. DOI: 10.1177/0735633120985120.

Aloraini, S. (2012). The impact of using multimedia on students' academic achievement in the College of Education at King Saud University. *Journal of King Saud University* -

Languages and Translation, 24(2), 75-82.
<https://doi.org/10.1016/j.jksult.2012.05.002>.

- *Alrehaili, E. A. and Al Osman, H. (2019). A virtual reality role-playing serious game for experiential learning. *Interactive Learning Environments*, 30(5), 922-935.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1703008>.
- *Altmeyer, K., Kapp, S., Thees, M., Malone, S., Kuhn, J., and Brünken, R. (2020). The use of augmented reality to foster conceptual knowledge acquisition in STEM laboratory courses—Theoretical background and empirical results. *British Journal of Educational Technology*, 51(3), 611-628. <https://doi.org/10.1111/bjet.12900>.
- *Ambusaidi, A., Al Musawi, A., Al-Balushi, S. and Al-Balushi, K. (2018). The impact of virtual lab learning experiences on 9th grade students' achievement and their attitudes towards science and learning by virtual lab. *Journal of Turkish Science Education*, 15(2), 13-29.
- *Améstica, M. M. (2011). *Technologies comparison analysis for classroom multiplayer co-located collaborative videogames* (Publication No. 28180119) [Published master of science thesis, Pontificia Universidad Catolica De Chile]. PQDT Open.
- *Arıcı, V. A. (2013). *Fen eğitiminde sanal gerçeklik programları üzerine bir çalışma: "Güneş sistemi ve ötesi: uzay bilmecesi" ünitesi örneği* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Adnan Menderes Üniversitesi.
- Armstrong, H. E. (1902). The heuristic method of teaching. *School Science and Mathematics*, 1(8), 395-401.
- *Ateş, A. (2018). *7. sınıflar ve teknoloji dersi "maddenin tanecikli yapısı ve saf maddeler" konusunda artırılmış gerçeklik teknolojileri kullanılarak oluşturulan öğrenme materyalinin akademik başarıya etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Ball, D. L. (1990). The mathematical understandings that prospective teachers bring to teacher education. *The Elementary School Journal*, 90 (4), 449-466.
- Barmaki, R. and Hughes, C. E. (2015). Providing Real-time Feedback for Student Teachers in a Virtual Rehearsal Environment. In *ICMI '15: Proceedings of the 2015 ACM on International Conference on Multimodal Interaction* (pp. 531-537). 9-13 November 2015, Seattle, USA. <https://doi.org/10.1145/2818346.2830604>.

- *Barmaki, R., Yu, K., Pearlman, R., Shingles, R., Bork, F., Osgood, G. M., and Navab, N. (2019). Enhancement of anatomical education using augmented reality: An empirical study of body painting. *Anatomical Sciences Education*, 12(6), 599-609. <https://doi.org/10.1002/ase.1858>.
- *Barrett, R., Gandhi, H. A., Naganathan, A., Daniels, D., Zhang, Y., Onwunaka, C., ... White, A. D. (2018). Social and tactile mixed reality increases student engagement in undergraduate lab activities. *Journal of Chemical Education*, 95(10), 1755-1762. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00212>.
- Barrett, T. J., Stull, A. T., Hsu, T. M. and Hegarty, M. (2015). Constrained interactivity for relating multiple representations in science: When virtual is better than real. *Computers & Education*, 81, 69-81. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.09.009>.
- *Başal, S. C. (2019). *Artırılmış gerçeklik ve karekod teknolojileri kullanılarak geliştirilen mekanik laboratuvarı deneylerinin bazı değişkenler üzerindeki etkisinin araştırılması* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Hacettepe Üniversitesi.
- Becker, H. J. (1985). *How schools use microcomputers: Summary of a 1983 national survey*. ERIC Document Reproduction Service, ED 257448.
- Bekele, M. K., Pierdicca, R., Frontoni, E., Malinverni, E. S. and Gain, J. (2018). A survey of augmented, virtual, and mixed reality for cultural heritage. *ACM Journal on Computing and Cultural Heritage*, 11(2), 7. <https://doi.org/10.1145/3145534>.
- Biagi F. and Loi, M. (2012). *ICT and learning: Results from PISA 2009*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, European Commission.
- *Bilen, B. R. (2018). *The comparative study on the effects of virtual reality in the application of case-based learning approach while studying the human heart* (Publication No. 10979387) [Published doctoral dissertation, Eastern Kentucky University]. PQDT Open.
- Billinghurst, M., Clark, A. and Lee, G. (2015). A survey of augmented reality - foundations and trends. *Human-Computer Interaction*, 8(2-3), 73-272. doi:10.1561/11000000049.
- *Birchfield, D. and Johnson-Glenberg, M. (2012). A next gen interface for embodied learning: SMALLab and the geological layer cake. In *Interdisciplinary advancements in gaming, simulations and virtual environments: Emerging trends* (pp. 51-60). IGI Global. DOI: 10.4018/978-1-4666-0029-4.ch00.
- *Bogomolova, K., van der Ham, I. J., Dankbaar, M. E., van den Broek, W. W., Hovius, S. E., van der Hage, J. A. and Hierck, B. P. (2020). The effect of stereoscopic augmented reality visualization on learning anatomy and the modifying effect of visual-spatial

- abilities: A double-center randomized controlled trial. *Anatomical Sciences Education*, 13(5), 558-567. <https://doi.org/10.1002/ase.1941>.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T. and Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to meta-analysis*. West Sussex, UK. Wiley.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P., and Rothstein, H. R. (2010). A basic introduction to fixed-effect and random-effects models for meta-analysis. *Research synthesis methods*, 1(2), 97–111.
- *Bork, F., Lehner, A., Eck, U., Navab, N., Waschke, J., and Kugelmann, D. (2021). The effectiveness of collaborative augmented reality in gross anatomy teaching: A quantitative and qualitative pilot study. *Anatomical Sciences Education*, 14(5), 590-604. <https://doi.org/10.1002/ase.2016>.
- *Bork, F., Stratmann, L., Enssle, S., Eck, U., Navab, N., Waschke, J. and Kugelmann, D. (2019). The benefits of an augmented reality magic mirror system for integrated radiology teaching in gross anatomy. *Anatomical Sciences Education*, 12(6), 585-598. doi: 10.1002/ase.1864.
- *Bozkurt, E. ve Sarıkoç, A. (2008). Fizik eğitiminde sanal laboratuvar, geleneksel laboratuvarın yerini tutabilir mi? *Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25, 89-100.
- Brayda, L., Mollet, N. and Chellali, R. (2009). Mixing telerobotics and virtual reality for improving immersion in artwork perception. In M. Chang, R. Kuo, Kinshuk, G. Chen and M. Hirose (Eds.), *Learning by playing: Game-based education system design and development*. 4th International Conference on E Learning and Games, Edutainment 2009. Lecture Notes in Computer Science, vol 5670. Springer, Berlin, Heidelberg.
- *Brown, C. E., Alrmuny, D., Williams, M. K., Whaley, B. and Hyslop, R. M. (2021). Visualizing molecular structures and shapes: A comparison of virtual reality, computer simulation, and traditional modeling. *Chemistry Teacher International*, 3(1), 69-80. <https://doi.org/10.1515/cti-2019-0009>.
- *Buluş Kırıkkaya, E. ve Şentürk, M. (2018). Güneş sistemi ve ötesi ünitesinde artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılmasının öğrenci akademik başarısına etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26(1), 181-189.
- Butler, J. T. (1988). Games and simulations: Creative educational alternatives. *Tech Trends*, 33, 20-23. <https://doi.org/10.1007/BF02771190>.
- *Cai, S., Chiang, F. K., and Wang, X. (2013). Using the augmented reality 3D technique for a convex imaging experiment in a physics course. *International Journal of Engineering Education*, 29(4), 856-865.

- *Çankaya, B. (2019). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının ortaöğretim öğrencilerinin fen bilimleri dersi başarı, tutum ve motivasyonuna etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Car, L. T., Kyaw, B. M., Teo, A., Fox, T. E., Vimalasvaran, S., Apfelbacher, C., ... Chavannes, N. (2022). Outcomes, measurement instruments, and their validity evidence in randomized controlled trials on virtual, augmented, and mixed reality in undergraduate medical education: Systematic mapping review. *JMIR Serious Games*, 10(2), e29594. doi: 10.2196/29594.
- Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E. and Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51, 341-377. <https://doi.org/10.1007/s11042-010-0660-6>.
- *Carnahan, C. D. (2012). *The effects of learning in an online virtual environment on K-12 students* (Publication No. 3546297) [Doctoral dissertation, Indiana University of Pennsylvania]. PQDT Open.
- Carter, M. (2009). Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement. *Educational Psychology*, 29(7), 867-869.
- Castro-Alonso, J. C., Paas, F. and Ginns, P. (2019). Embodied cognition, science education, and visuospatial processing. In Castro-Alonso, J. (ed.), *Visuospatial processing for education in health and natural sciences* (pp.175-205). Switzerland: Springer Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20969-8_7.
- Chang, H. Y., Binali, T., Liang, J. C., Chiou, G. L., Cheng, K. H., Lee, S. W. Y. and Tsai, C. C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi) experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education*, 191, 1046641. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>.
- *Chang, H. Y., Hsu, Y. S., and Wu, H. K. (2016). A comparison study of augmented reality versus interactive simulation technology to support student learning of a socio-scientific issue. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1148-1161. <https://doi.org/10.1080/10494820.2014.961486>.
- *Chang, R. C., Chung, L. Y., and Huang, Y. M. (2016). Developing an interactive augmented reality system as a complement to plant education and comparing its effectiveness with video learning. *Interactive Learning Environments*, 24(6), 1245-1264. <https://doi.org/10.1080/10494820.2014.982131>.
- *Chang, S. C., and Hwang, G. J. (2018). Impacts of an augmented reality-based flipped learning guiding approach on students' scientific project performance and perceptions. *Computers & Education*, 125, 226-239. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.007>.

- *Chao, J., Chiu, J. L., DeJaegher, C. J. and Pan, E. A. (2016). Sensor-augmented virtual labs: Using physical interactions with science simulations to promote understanding of gas behavior. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 16-33. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9574-4>.
- *Chee, K. N., Yahaya, N. and Ibrahim, N. H. (2018). An evaluation of the learning effectiveness of a formulated ideal social collaborative mobile learning environment application towards cognitive level in biology. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 12(2), 162-189. DOI:10.1504/IJMLO.2018.10010753.
- Chen, C. C. (2006). Are spatial visualization abilities relevant to virtual reality? *E-Journal of Instructional Science and Technology*, 9(2), 1-16.
- *Chen, C. H. (2020). Impacts of augmented reality and a digital game on students' science learning with reflection prompts in multimedia learning. *Educational Technology Research and Development*, 68(6), 3057-3076. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09834-w>.
- *Chen, C. H., Huang, C. Y., and Chou, Y. Y. (2019). Effects of augmented reality-based multidimensional concept maps on students' learning achievement, motivation and acceptance. *Universal Access in the Information Society*, 18, 257-268. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0595-z>.
- *Chen, J. C., Huang, Y., Lin, K. Y., Chang, Y. S., Lin, H. C., Lin, C. Y. and Hsiao, H. S. (2019). Developing a hands-on activity using virtual reality to help students learn by doing. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36, 46-60. DOI: 10.1111/jcal.12389.
- Chen, S. S. C. and Duh, H. B. L. (2018). *Mixed reality in education: Recent developments and future trends*. In IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies (pp. 367-371). 9-13 July 2018. Mumbai, India. DOI: [10.1109/ICALT.2018.00092](https://doi.org/10.1109/ICALT.2018.00092).
- *Chen, S., Chang, W. H., Lai, C. H. and Yuetsai, C. Y. (2014). A comparison of students' approaches to inquiry, conceptual learning, and attitudes in simulation-based and microcomputer-based laboratories. *Science Education*, 98(5), 905-935. <https://doi.org/10.1002/sce.21126>.
- *Cheng, M. T., Su, T., Huang, W. Y. and Chen, J. H. (2014). An educational game for learning human immunology: What do students learn and how do they perceive? *British Journal of Educational Technology*, 45(5), 820-833. doi:10.1111/bjet.12098.
- *Chiang, T. H., Yang, S. J., and Hwang, G. J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 352-365.

- *Chien, K. P., Tsai, C. Y., Chen, H. L., Chang, W. H. and Chen, S. (2015). Learning differences and eye fixation patterns in virtual and physical science laboratories. *Computers & Education*, 82, 191-201. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.11.023>.
- *Chien, Y. C., Su, Y. N., Wu, T. T. and Huang, Y. M. (2019). Enhancing students' botanical learning by using augmented reality. *Universal Access in the Information Society*, 18, 231-241. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0590-4>.
- *Chiu, J. L., DeJaegher, C. J., and Chao, J. (2015). The effects of augmented virtual science laboratories on middle school students' understanding of gas properties. *Computers & Education*, 85, 59-73. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.007>.
- *Chou, Y. Y., Wu, P. F., Huang, C. Y., Chang, S. H., Huang, H. S., Lin, W. M. and Lin, M. L. (2022). Effect of digital learning using augmented reality with multidimensional concept map in elementary science course. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 31(4), 383-393. <https://doi.org/10.1007/s40299-021-00580-y>.
- *Chu, H. C., Chen, J. M., Yang, K. H. and Lin, C. W. (2016). Development and application of a repertory grid-oriented knowledge construction augmented reality learning system for context-aware ubiquitous learning. *International Journal of Mobile Learning and Organisation*, 10(1-2), 40-60. <https://doi.org/10.1504/IJMLO.2016.076189>.
- Chytas, D., Piagkou, M., Demesticha, T., Tsakotos, G. and Natsis, K. (2022). Are extended reality technologies (ERTs) more effective than traditional anatomy education methods? *Surgical and Radiologic Anatomy*, 44, 1215-1218. <https://doi.org/10.1007/s00276-022-02998-5>.
- *Çinici, A., Özden, M., Akgün, A., Ekici, M. ve Yalçın, H. (2013). Sanal ve geleneksel laboratuvar uygulamalarının 5. sınıf öğrencilerinin ışık ve ses ünitesiyle ilgili başarıları üzerine etkisinin karşılaştırılması. *Bayburt Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(2), 92-106.
- *Civelek, T., Uçar, E., Üstünel, H. and Aydın, M. K. (2014). Effects of a haptic augmented simulation on K-12 students' achievement and their attitudes towards physics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10(6), 565-574. doi: 10.12973/eurasia.2014.1122a.
- Clark, R. E. (1985). Confounding in educational computing research. *Journal of Educational Computing Research*, 1(2), 137-148.
- Çoban, M., Bolat, Y. İ. and Göksu, İ. (2022). The potential of immersive virtual reality to enhance learning: A meta-analysis. *Educational research Review*, 36, 100452. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100452>.

- Cohen, J. (1969). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. New York: Academic Press.
- Cooper, H. (2017). *Research synthesis and meta-analysis: A step-by step approach* (5th Ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Cooper, H., Hedges, L. V. and Valentine, J. C. (2019). Potentials and limitations of research synthesis. In H. Cooper, L. V. Hedges & J. C. Valentine (Eds.), *The handbook of research synthesis and meta-analysis* (3rd Ed.), (pp. 517-525). New York, NY: Russell Sage Foundation.
- *Coşkun, H. (2019). *Hücre ve bölünmeler ünitesinin artırılmış gerçeklik teknolojisi ile öğretiminin 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve teknolojiye yönelik tutumlarına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi.
- *Coşkun, M. and Koç, Y. (2021). The effect of augmented reality and mobile application supported instruction related to different variables in 7th grade science lesson. *Psycho-Educational Research Reviews*, 10(2), 298-313. https://doi.org/10.52963/PERR_Biruni_V10.N2.21.
- *Dağdalan, G. (2019). *Sanal gerçeklik ve animasyon destekli fen bilimleri öğretiminin öğrencilerin bazı öğrenme ürünlerine etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Ordu Üniversitesi.
- Darling-Hammond, L., Zielesinski, M. B., and Goldman, S. (2014). *Using technology to support at-risk students' learning*. Washington, DC: Alliance for Excellent Education.
- *De Back, T. T., Tinga, A. M., Nguyen, P. and Louwerse, M. M. (2020). Benefits of immersive collaborative learning in CAVE-based virtual reality. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(51). <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00228-9>.
- Debs, J. E. (2021). *Scalable and effective use of virtual reality for physics education*. In Proceedings of 27th The Australian Conference on Science and Mathematics Education. 29 September- 1 October 2021, Online Conference.
- Dede, C. (1998). Introduction. In *Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD) Yearbook: Learning with Technology* (pp. v-x). Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Dede, C. (2005). Planning for neomillennial learning styles. *Educause Quarterly*, 28(1), 7-12.

Deeks, J. J., Higgins, J. P. T. and Altman, D. G. (2011). Chapter 9: Analysing data and undertaking meta-analyses. In J. P.T. Higgins and S. Green (Eds.), *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* (Version 5.1.0). The Cochrane Collaboration, 2011.

*Dehghani, M., Mohammadhasani, N., Hoseinzade Ghalevandi, M., and Azimi, E. (2020). Applying AR-based infographics to enhance learning of the heart and cardiac cycle in biology class. *Interactive Learning Environments*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1765394>.

*Demirel, G. (2019). *Artırılmış gerçeklik uygulamaları ile işlenen fen bilimleri dersinin 7. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve artırılmış gerçeklik uygulamalarına karşı tutumlarına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.

*Demirel, T. (2017). *Argümantasyon yöntemi destekli artırılmış gerçeklik uygulamalarının akademik başarı, eleştirel düşünme becerisi, fen ve teknoloji dersine yönelik güdülenme ve argümantasyon becerisi üzerindeki etkisinin incelenmesi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Çukurova Üniversitesi.

Dewey, J. (1929). *Experience and Nature*. London: George Allen and Unwin.

Donaldson, J. A. and Knupfer, N. N. (2002). Education, learning, and technology. In P. L. Rogers (Ed.), *Designing instruction for technology-enhanced learning*, (pp. 19-54). Hershey, PA: Idea Group.

Duan, X., Kang, S. J., Choi, J. I. and Kim, S. K. (2020). Mixed reality system for virtual chemistry lab. *KSII Transactions on Internet and Information Systems*, 14(4), 1673-1688. <https://doi.org/10.3837/tiis.2020.04.014>.

Duncan, I., Miller, A. and Jiang, S. (2012). A taxonomy of virtual worlds usage in education. *British Journal of Educational Technology*, 43(6), 949-964. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2011.01263.x>.

*Dunnagan, C. L., Dannenberg, D. A., Cuares, M. P., Earnest, A. D., Gurnsey, R. M. and Gallardo-Williams, M. T. (2020). Production and evaluation of a realistic immersive virtual reality organic chemistry laboratory experience: Infrared spectroscopy. *Journal of Chemical Education*, 97, 258-262. DOI: 10.1021/acs.jchemed.9b00705.

*Dünser, A., Walker, L., Horner, H., and Bentall, D. (2012). *Creating interactive physics education books with augmented reality*. In Proceedings of the 24th Australian computer-human interaction conference (pp. 107-114). <https://doi.org/10.1145/2414536.2414554>.

Edwards, N. (2015). Multimodality in science education as productive pedagogy in a PGCE programme. *Perspectives in Education*, 33(3), 159-175.

- Elian, S. A. and Hamaidi, D. A. (2018). The effect of using flipped classroom strategy on the academic achievement of fourth grade students in Jordan. *Journal of Research in Education and Teaching*, 13(2), 110-125.
- Ellis, P. D. (2010). *The essential guide to effect sizes: Statistical power, meta-analysis, and the interpretation of research results*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- *Erbaş, Ç. (2016). *Mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarı ve motivasyonuna etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi.
- *Eren, A. A. (2019). *Elementler ve bileşiklerin öğretiminde artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanılmasının öğrencilerin akademik başarılarına ve öğrendikleri bilgilerin kalıcılığına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Erciyes Üniversitesi.
- *Eroğlu, B. (2018). *Ortaokul öğrencilerine astronomi kavramlarının artırılmış gerçeklik uygulamaları ile öğretiminin değerlendirilmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Escueta, M., Quan, V., Nickow, A. J., and Oreopoulos, P. (2017). *Educational technology and evidence-based review (Working Paper 23744)*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Evangelidis, K., Papadopoulos, T. and Sylaiou, S. (2021). Mixed reality: A reconsideration based on mixed objects and geospatial modalities. *Applied Sciences*, 11(5), 2417.
- *Famuwagun, S. T. and Mohammed, N. N. (2020). Effects of virtual laboratory instructional package on senior secondary school students' performance in chemistry in Ondo state, Nigeria. *Kashere Journal of Education*, 1(2), 55-63.
- *Faregh, S. A., and Jafari Sisi, M. (2020). The impact of interactive augmented reality based education on the learning and remembering of empirical science lesson. *Technology of Education Journal*, 14(3), 571-582.
- *Faridi, H., Tuli, N., Mantri, A., Singh, G., and Gargish, S. (2021). A framework utilizing augmented reality to improve critical thinking ability and learning gain of the students in physics. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 258-273. <https://doi.org/10.1002/cae.22342>.
- *Farrokhniaa, M. R. and Esmailpoura, A. (2010). A study on the impact of real, virtual and comprehensive experimenting on students' conceptual understanding of DC electric circuits and their skills in undergraduate electricity laboratory. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2, 5474-5482. doi:10.1016/j.sbspro.2010.03.893.

- Felder, R. M. (1996). Matters of style. *American Society for Engineering Education Prism*, 6(4), 18-23.
- *Feng, Z., Gonzalez, V. A., Mutch, C., Amor, R. and Cabrera-Guerrero, G. (2020). Instructional mechanisms in immersive virtual reality serious games: Earthquake emergency training for children. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37, 542-556. DOI: 10.1111/jcal.12507.
- *Ferrer-Torregrosa, J., Torralba, J., Jimenez, M. A., García, S. and Barcia, J. M. (2015). ARBOOK: Development and assessment of a tool based on augmented reality for anatomy. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 119-124. <https://doi.org/10.1007/s10956-014-9526-4>.
- *Fidan, M. (2018). *Artırılmış gerçeklikle desteklenmiş probleme dayalı fen öğretiminin akademik başarı, kalıcılık, tutum ve öz-yeterlik inancına etkisi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Abant İzzet Baysal Üniversitesi.
- Fidler, F. (2002). The fifth edition of the APA Publication Manual: Why its statistics recommendations are so controversial. *Educational and Psychological Measurement*, 62(5), 749-770. doi: 10.1177/001316402236876.
- Field, A. P. and Gillett, R. (2010). How to do a meta-analysis. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 63(3), 665-694. <https://doi.org/10.1348/000711010X502733>.
- Field, A. P. (2009). Meta-analysis. In Millsap, R. E. and Maydeu-Olivares, A. (Eds.), *The SAGE handbook of quantitative methods in psychology* (pp. 404–423). London, UK: SAGE.
- *Fokides, E. and Chachlaki, F. (2020). 3D multiuser virtual environments and environmental education: The virtual island of the Mediterranean monk seal. *Technology, Knowledge and Learning*, 25, 1-24. <https://doi.org/10.1007/s10758-019-09409-6>.
- *Fokides, E. and Mastrokourou, A. (2018). Results from a study for teaching human body systems to primary school students using tablets. *Contemporary Educational Technology*, 9(2), 154-170. <https://doi.org/10.30935/cet.414808>.
- Fraenkel, J. R. and Wallen, N. E. (2009). *How to design and evaluate research in education* (7th Ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Freina, L. and Ott, M. (2015). A literature review on immersive virtual reality in education: State of the art and perspectives. In *Proceedings of the 11th International Scientific Conference eLearning and Software for Education* (pp.133-141). 23-24 April 2015, Romania. DOI: 10.12753/2066-026X-15-020.

- Fulvio, J. M. and Rokers, B. (2017). Use of cues in virtual reality depends on visual feedback. *Scientific Reports*, 7, 16009. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16161-3>.
- *Furió, D., Juan, M. C., Seguí, I. and Vivó, R. (2015). Mobile learning vs. traditional classroom lessons: A comparative study. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(3), 189-201. <https://doi.org/10.1111/jcal.12071>.
- *Galvez, A. E. (2012). *Implementation and classroom integration of a collaborative videogame to support teaching electrostatics conceptually* (Publication No. 28180574) [Published master of science thesis, Pontificia Universidad Catolica De Chile]. PQDT Open.
- *Garner, L. C. (2004). *Field trips and their effect on student achievement in and attitudes toward science: A comparison of a physical versus a virtual field trip to the Indian River Lagoon* (Publication No. 3122261) [Published doctoral dissertation, Florida Institute of Technology]. PQDT Open.
- Garzón, J. and Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of augmented reality on students' learning gains. *Educational Research Review*, 27, 244-260. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001>.
- Garzón, J., Kinshuk, Baldiris, S., Gutiérrez, J. and Pavón, J. (2020). How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis. *Educational Research Review*, 31, 100334. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100334>.
- Garzón, J., Pavón, J. and Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 23, 447-459. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>.
- Ginkel, S. V., Ruiz, D., Mononen, A., Karaman, C., de Keijzer, A. and Sitthiworachart, J. (2020). The impact of computer-mediated immediate feedback on developing oral presentation skills: An exploratory study in virtual reality. *Journal of Computer Assisted Learning*, 36(3), 412-422. <https://doi.org/10.1111/jcal.12424>.
- Glass, G. V. and Hakstian, A. R. (1969). Measures of association in comparative experiments: Their development and interpretation. *American Educational Research Journal*, 6(3), 403-414.
- Glass, G. V. (1976). Primary, secondary, and meta-analysis of research. *Educational Researcher*, 5(10), 3-8.
- Glenberg, A. M., Gutierrez, T., Levin, J., Japuntich, S. and Kaschak, M. P. (2004). Activity and imagined activity can enhance young children's reading comprehension. *Journal*

of *Educational Psychology*, 96(3), 424-436. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.3.424>.

*Golden, S. A. (2016). *Augmented 3D holograms in higher education, increasing students' learning outcome scores: A mixed methods study* (Publication No. 10256536) [Published doctoral dissertation, Keiser University]. PQDT Open.

Goldin-Meadow, S. (2009). How gesture promotes learning throughout childhood. *Child Development Perspectives*, 3, 106-111. <https://doi.org/10.1111/j.1750-8606.2009.00088.x>.

Gott, R. and Duggan, S. (1995). *Investigative work in the science curriculum*. Open University Press: Buckingham.

*Griffiths, W. F. (2013). *The effect of a computer virtual lab simulation on learning in a high school chemistry class* (Publication No. 3581625) [Published doctoral dissertation, St. John's University]. PQDT Open.

*Güngördü, D. (2018). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin atom modelleri konusuna yönelik başarı ve tutumlarına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Kilis 7 Aralık Üniversitesi.

Hall, C. R., Stiles, R. J. and Horwitz, C. D. (1998). Virtual reality for training: Evaluating knowledge retention. In *Proceedings IEEE 1998 Virtual Reality Annual International Symposium (Cat. No.98CB36180)*, (pp. 184-189). 14-18 March 1998, Atlanta, Georgia, USA. doi: 10.1109/VRAIS.1998.658488.

Hall, J. A. and Rosenthal, R. (1991). Testing for moderator variables in meta-analysis: Issues and methods. *Communication Monographs*, 58(4), 437-448.

Harper, B. and Milman, N. B. (2016). One-to-one technology in K-12 classrooms: A review of the literature from 2004 through 2014. *Journal of Research on Technology in Education*, 48(2), 129-142.

Hedges, L. V. and Vevea, J. L. (1998). Fixed- and random-effects models in meta-analysis. *Psychological Methods*, 3(4), 486-504.

*Henssen, D. J., van den Heuvel, L., De Jong, G., Vorstenbosch, M. A., van Cappellen van Walsum, A. M., Van den Hurk, M. M., Kooloos, J. G. M. and Bartels, R. H. (2020). Neuroanatomy learning: Augmented reality vs. cross-sections. *Anatomical Sciences Education*, 13(3), 353-365. <https://doi.org/10.1002/ase.1912>.

Higgins, J. P. T. and Thompson, S. G. (2002). Quantifying heterogeneity in a meta-analysis. *Statistics in Medicine*, 21(11), 1539-1558.

- Hite, R. L., Jones, M. G., Childers, G. M., Ennes, M. Chesnutt, K. Pereyra, M. and Cayton, E. (2019). Investigating potential relationships between adolescents' cognitive development and perceptions of presence in 3-D, haptic-enabled, virtual reality science instruction. *Journal of Science Education and Technology*, 28, 265-284. <https://doi.org/10.1007/s10956-018-9764-y>.
- *Hodges, G. W., Flanagan, K., Lee, J., Cohen, A., Krishnan, S. and Ward, C. (2019). A quasi-experimental study comparing learning gains associated with serious educational gameplay and hands-on science in elementary classrooms. *Journal of Research in Science Teaching*, 57, 1460-1489. DOI: 10.1002/tea.21661.
- *Hodges, G. W., Wang, L., Lee, J., Cohen, A. and Jang, Y. (2018). An exploratory study of blending the virtual world and the laboratory experience in secondary chemistry classrooms. *Computers & Education*, 122, 179-193. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.003>.
- Howard, M. C. and Davis, M. M. (2022). A meta-analysis and systematic literature review of mixed reality rehabilitation programs: Investigating design characteristics of augmented reality and augmented virtuality. *Computers in Human Behavior*, 130, 107197. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107197>.
- Howard, M. C., Gutworth, M. B. and Jacobs, R. R. (2021). A meta-analysis of virtual reality training programs. *Computers in Human Behavior*, 121, 106808. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106808>.
- Howland, J. L., Jonassen, D. H. and Marra, R. M. (2014). *Meaningful learning with technology* (4th ed.). Edinburgh Gate, Essex: Pearson.
- *Hsiao, H. S., Chang, C. S., Lin, C. Y. and Wang, Y. Z. (2016). Weather observers: A manipulative augmented reality system for weather simulations at home, in the classroom, and at a museum. *Interactive Learning Environments*, 24(1), 205-223. <https://doi.org/10.1080/10494820.2013.834829>.
- *Hsiao, K. F., Chen, N. S. and Huang, S. Y. (2012). Learning while exercising for science education in augmented reality among adolescents. *Interactive Learning Environments*, 20(4), 331-349. <https://doi.org/10.1080/10494820.2010.486682>.
- Hsu, W. C., Tseng, C. M. and Kang, S. C. (2018). Using exaggerated feedback in a virtual reality environment to enhance behavior intention of water-conservation. *Educational Technology & Society*, 21(4), 187-203.
- *Huang, Y. M., and Lin, P. H. (2017). Evaluating students' learning achievement and flow experience with tablet PCs based on AR and tangible technology in u-learning. *Library Hi Tech*, 35(4), 602-614.

- *Hu-Au, E. and Okita, S. (2021). Exploring differences in student learning and behavior between real-life and virtual reality chemistry laboratories. *Journal of Science Education and Technology*, 30, 862-876. <https://doi.org/10.1007/s10956-021-09925-0>.
- Hughes, C. E., Stapleton, C. B., Hughes, D. E. and Smith, E. M. (2005). Mixed reality in education, entertainment, and training. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 25(6), 24-30. DOI: 10.1109/MCG.2005.139.
- *Humphrey, J. Y. (2016). *A quantitative assessment and comparison of conceptual learning in online and classroom-instructed anatomy and physiology* (Publication No. 10126709) [Published doctoral dissertation, Syracuse University]. PQDT Open.
- *Hurtado-Bermúdez, S. and Romero-Abrio, A. (2020). The effects of combining virtual laboratory and advanced technology research laboratory on university students' conceptual understanding of electron microscopy. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1821716>.
- *Husnaini, S. J. and Chen, S. (2019). Effects of guided inquiry virtual and physical laboratories on conceptual understanding, inquiry performance, scientific inquiry self-efficacy, and enjoyment. *Physical Review Physics Education Research*, 15, 010119. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010119.
- *Huwer, J., Lauer, L., Seibert, J., Thyssen, C., Dörrenbächer-Ulrich, L. and Perels, F. (2018). Re-experiencing chemistry with augmented reality: New possibilities for individual support. *World Journal of Chemical Education*, 6(5), 212-217. DOI:10.12691/wjce-6-5-2.
- Hwang, G. J., Chang, C. C. and Chien, S. Y. (2022). A motivational model-based virtual reality approach to prompting learners' sense of presence, learning achievements, and higher-order thinking in professional safety training. *British Journal of Educational Technology*, 53(5), 1343-1360. <https://doi.org/10.1111/bjet.13196>.
- *Ibáñez, M. B., Di Serio, Á., Villarán, D., and Kloos, C. D. (2014). Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness. *Computers & Education*, 71, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.09.004>.
- *Ibanez, M. B., Portillo, A. U., Cabada, R. Z. and Barron, M. L. (2020). Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools: A case study in a middle-school geometry course. *Computers & Education*, 145, 103734. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103734>.
- *İnce, E., Özsoy Güneş, Z., Yaman, Y., Kırbaşlar, F. G., Yolcu, Ö. and Yolcu, E. (2015). The effectiveness of the IUVRILAB on undergraduate students' understanding of

some physics concepts. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 195, 1785-1792. doi: 10.1016/j.sbspro.2015.06.382.

İnternet: International Society for Technology in Education (ISTE). (2020). *ISTE standards for students*. URL: <https://www.iste.org/standards/for-students>. Son erişim tarihi: 02.12.2020.

İnternet: Hsinchu Science Park. (b.t.). URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Hsinchu_Science_Park

İnternet: McLeod, S. A. (2019). *What does effect size tell you?* URL: <https://www.simplypsychology.org/effect-size.html>. Son Erişim Tarihi: 10.12.2020.

İnternet: MEB (2018). *Fen bilimleri dersi öğretim programı (ilkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. sınıflar)*. URL: <http://mufredat.meb.gov.tr/Dosyalar/201812312311937-FEN%20B%C4%B0L%C4%B0MLER%C4%B0%20%C3%96%C4%9ERET%C4%B0M%20PROGRAMI2018.pdf>. Son Erişim Tarihi: 08.12.2020.

İnternet: Merel, T. (2015): Breaking down billion-dollar AR/VR investment in the last 12 months. URL: <https://techcrunch.com/2015/11/27/breaking-down-billion-dollar-arvr-investment-in-the-last-12-months/> . Son Erişim Tarihi: 12.07.2022

İnternet: Oculus Rift kullanımı. (2016). Oculus Rift, Bloomberg Finance LP. URL: <https://time.com/tag/oculus-rift/>. Son Erişim Tarihi: 03.06.2022.

İnternet: Perkins Coie. (2018). 2018 Augmented and virtual reality survey report: Industry insights into the future of AR/VR. <https://www.perkinscoie.com/images/content/1/8/v2/187785/2018-VR-AR-Survey-%20Digital.pdf>. Son Erişim Tarihi: 14.01.2023.

İnternet: SAGE. (2021). SAGE research methods: Research map. URL: <https://methods.sagepub.com/methods-map/systematic-review>. Son Erişim Tarihi: 03.01.2021.

İnternet: Sensorama simulator (1962). Google Patents No: US3050870A. URL: <https://patents.google.com/patent/US3050870A/en>. Son Erişim Tarihi: 11.05.2022.

İnternet: Statista. (2022). Extended reality (XR): AR, VR, and MR in the United States - statistics & facts. URL: <https://www.statista.com/topics/7524/extended-reality-xr-ar-vr-and-mr-in-the-us/#topicOverview>. Son Erişim Tarihi: 24.01.2023.

İnternet: Statista. (2022). Virtual reality (VR)- statistics & facts. <https://www.statista.com/topics/2532/virtual-reality-vr/#topicOverview>. Son Erişim Tarihi: 19.01.2023.

İnternet: Teaching guide for GSIs. learning: Theory and research. (2016). URL: <http://gsi.berkeley.edu/media/Learning.pdf>. Son Erişim Tarihi: 18.11.2020.

İnternet: The River City Project. (2023). URL: <https://muve.gse.harvard.edu/screenshots>. Son Erişim Tarihi: 22.01.2023.

İnternet: U.S. Department of Education. (b.t.). <https://www.ed.gov/oii-news/use-technology-teaching-andlearning#:~:text=Used%20to%20support%20both%20teaching,skills%3B%20increases%20student%20engagement%20and>. Son Erişim Tarihi: 08.12.2020.

*Jaakkola, T. and Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24, 271-283. doi: 10.1111/j.1365-2729.2007.00259.x.

Jackson, R. L. and Fagan, E. (2000). Collaboration and learning within immersive virtual reality. In CVE '00: *Proceedings of the third international conference on Collaborative virtual environments* (pp. 83-92). September 2000, California, USA. <https://doi.org/10.1145/351006.351018>.

*Jagodzinski, P. and Wolski, R. (2015). Assessment of application technology of natural user interfaces in the creation of a virtual chemical laboratory. *Journal of Science Education and Technology*, 24, 16-28. DOI 10.1007/s10956-014-9517-5.

Jaiswal, P. (2020). Integrating educational technologies to augment learners' academic achievements. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(2), 145-159.

*Jang, S., Vitale, J. M., Jyung, R. W. and Black, J. B. (2017). Direct manipulation is better than passive viewing for learning anatomy in a three-dimensional virtual reality environment. *Computers & Education*, 106, 150-165. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.009>.

Januszewski, A. and Molenda, M. (2008). *Educational technology: A definition with commentary*. New York, NY: Routledge.

Jenkins, E. (2003). The schooling of laboratory science. In J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science: Which way now?* (pp. 35-51). Taylor & Francis e-Library.

*Jensen, D. C. (2019). *A quasi-experimental examination of digital literacy and achievement of learning objectives in online versus traditional labs* (Publication No. 13857617) [Published doctoral dissertation, Northcentral University]. PQDT Open.

*Johnson-Glenberg, M. C., Bartolomea, H. and Kalina, E. (2021). Platform is not destiny: Embodied learning effects comparing 2D desktop to 3D virtual reality STEM

- experiences. *Journal of Computers Assisted Learning*, 37, 1263-1284. DOI: 10.1111/jcal.12567.
- *Johnson-Glenberg, M. C., Birchfield, D., Tolentino, L. and Koziupa, T. (2014). Collaborative embodied learning in mixed reality motion capture environments: Two science studies. *Journal of Educational Psychology*, 106(1), 86-104. <https://doi.org/10.1037/a0034008>.
- *Johnson-Glenberg, M. C., Megowan-Romanowicz, C., Birchfield, D. A. and Savio-Ramos, C. (2016). Effects of embodied learning and digital platform on the retention of physics content: Centripetal force. *Frontiers in Psychology*, 7, 1819. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01819>.
- Jonassen, D. H. (1996). *Computers in the classroom: Mindtools for critical thinking*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- *Joseph, N. (2011). *Stereoscopic visualization as a tool for learning astronomy concepts* (Publication No. 1501943) [Published master of science thesis, Purdue University]. PQDT Open.
- Kalemkuş, J. and Kalemkuş, F. (2022). Effect of the use of augmented reality applications on academic achievement of student in science education: Meta analysis review. *Interactive Learning Environments*, (online first). <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2027458>.
- *Kandi, K. M. (2013). *Impact of virtual learning environment (VLE): A technological approach to genetics teaching on high school students' content knowledge, self-efficacy and career goal aspirations* (Publication No. 3595621) [Published doctoral dissertation, Temple University]. PQDT Open.
- *Kapp, S., Thees, M., Beil, F., Weatherby, T., Burde, J. P., Wilhelm, T., and Kuhn, J. (2020, May). The effects of augmented reality: A comparative study in an undergraduate physics laboratory course. In *Proceedings of the 12th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2020) - Volume 2*, (pp. 197-206). DOI: 10.5220/0009793001970206.
- *Karadavut, Z. (2021). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının 11. sınıf lise öğrencilerinin dolaşım sistemi konusundaki akademik başarılarına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Karadeniz Bayrak, B. and Bayram, H. (2010). *The effect of computer aided teaching method on the students' academic achievement in the science and technology course*. In *World Conference on Learning, Teaching and Administration Papers* (pp. 235-238). <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.142>.

- *Karagözlü, D. (2018). Determination of the impact of augmented reality application on the success and problem-solving skills of students. *Quality & Quantity*, 52(5), 2393-2402. <https://doi.org/10.1007/s11135-017-0674-5>.
- *Karakaş, M. (2020). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının lise öğrencilerinin akademik başarı, motivasyon ve öz yeterlik düzeylerine etkisi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi.
- Kavanagh, S., Luxton-Reilly, A., Wuensche, B. and Plimmer, B. (2017). A systematic review of virtual reality in education. *Themes in Science & Technology Education*, 10(2), 85-119.
- Kazu, İ. Y. and Demirkol, M. (2014). Effect of blended learning environment model on high school students' academic achievement. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 13(1), 78-87.
- *Ke, F. and Carafano, P. (2016). Collaborative science learning in an immersive flight simulation. *Computers & Education*, 103, 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.10.003>.
- *Keçeci, G., Yıldırım, P., and Kırbağ Zengin, F. (2021). Determining the effect of science teaching using mobile augmented reality application on the secondary school students' attitudes of toward science and technology and academic achievement. *Science Education International*, 32(2), 137-148. <https://doi.org/10.33828/sei.v32.i2.7>.
- Keifert, D., Lee, C., Enyedy, N., Dahn, M. Lindberg, L. and Danish, J. (2020). Tracing bodies through liminal blends in a mixed reality learning environment. *International Journal of Science Education*, 42(18), 3093-3115. <https://doi.org/10.1080/07370008.2021.1928133>.
- Kılıç, S. (2014). Etki büyüklüğü. *Journal of Mood Disorders*, 4(1), 44-46.
- *Kim, P. (2006). Effects of 3D virtual reality of plate tectonics on fifth grade students' achievement and attitude toward science. *Interactive Learning Environments*, 14(1), 25-34. DOI: 10.1080/10494820600697687.
- Kincaid, J. P., Hamilton, R., Tarr, R. W. and Sangani, H. (2003). Simulation in education and training. In M. S. Obaidat and G. I. Papadimitrion (Eds.), *Applied system simulation: Methodologies and applications* (pp. 437-456). Kluwer Academic Publishers; New York.
- Kiyokawa, K. (2012). *Trends and vision of head mounted display in augmented reality*. In 2012 International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality (pp. 14-17). 22-25 August 2012, Daejeon, South Korea. DOI: [10.1109/ISUVR.2012.11](https://doi.org/10.1109/ISUVR.2012.11).

- *Kızılca, G. (2019). *Ortaokul 3. sınıf öğrencilerinin fen bilimleri dersi maddenin yapısı ve özellikleri ünitesinde mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının, fene yönelik tutumlarına ve akademik başarılarına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi.
- *Koç Ünal, İ. (2019). *Sanal ve gerçek laboratuvar uygulamalarının 5. sınıftan dersi elektrik ünitesi öğretiminde öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkisinin incelenmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Necmettin Erbakan Üniversitesi.
- *Kolloffel, B. and de Jong, T. (2013). Conceptual understanding of electrical circuits in secondary vocational engineering education: Combining traditional instruction with inquiry learning in a virtual lab. *Journal of Engineering Education*, 102(3), 375-393. <https://doi.org/10.1002/jee.20022>.
- Korucu, A. T. and Çakır, H. (2018). The effect of dynamic web technologies on student academic achievement in problem-based collaborative learning environment. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 6(1), 92-108.
- Kozmo, R. B. (1994). A reply: Media and methods. *Educational Technology Research and Development*, 42, 11-14. <https://doi.org/10.1007/BF02298091>.
- *Krad, K. A. (2021). *How effective and efficient is a virtual lab compared to a remote lab in inquiry learning environment?* [Unpublished master of science thesis]. University of Twente.
- Krokos, E., Plaisant, C. and Varshney, A. (2019). Virtual memory palaces: Immersion aids recall. *Virtual Reality*, 23, 1-15.
- Küçük Avcı, Ş., Çoklar, A. N. and İstanbullu, A. (2019). The effect of three dimensional virtual environments and augmented reality applications on the learning achievement: A meta-analysis study. *Education and Science*, 44(198), 149-182.
- *Küçük, S. (2015). *Mobil artırılmış gerçeklikle anatomi öğretiminin tıp öğrencilerinin akademik başarıları ile bilişsel yüklerine etkisi ve öğrencilerin uygulamaya yönelik görüşleri* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Atatürk Üniversitesi.
- *Kuhn, J., Lukowicz, P., Hirth, M., Poxrucker, A., Weppner, J. and Younas, J. (2016). gPhysics—Using smart glasses for head-centered, context-aware learning in physics experiments. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 9(4), 304-317. doi: 10.1109/TLT.2016.2554115.
- *Kul, H. H. (2019). *Fen eğitiminde artırılmış gerçeklik uygulamaları* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Osmangazi Üniversitesi.

- *Kurul, R., Ögün, M. N., Narin, A. N., Avcı, Ş. and Yazgan, B. (2020). An alternative method for anatomy training: immersive virtual reality. *Anatomical Sciences Education*, 13, 648-656. DOI 10.1002/ase.1959.
- Kutter, O., Aichert, A., Bichlmeier, C., Traub, J., Heining, S. M., Ockert, B., ... Navab, N. (2008). In *Real-time volume rendering for high quality visualization in augmented reality. International Workshop on Augmented environments for Medical Imaging including Augmented Reality in Computer-aided Surgery (AMI-ARCS 2008)*, New York, USA.
- Kwon, C., Kim, Y. and Woo, T. (2016). Digital–physical reality game: Mapping of physical space with fantasy in context-based learning games. *Games and Culture*, 11(4), 390-421. <https://doi.org/10.1177/155541201456>.
- *Lai, A. F., Chen, C. H. and Lee, G. Y. (2019). An augmented reality-based learning approach to enhancing students' science reading performances from the perspective of the cognitive load theory. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 232-247. <https://doi.org/10.1111/bjet.12716>.
- *Lao, J. (2020). *Anatomy learning in a magic way: Assessing the capabilities of a mixed reality technology for the purpose of anatomy education* [Unpublished master of science thesis]. University of Ottawa.
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4, 863. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>.
- Law, E. L. C. and Heintz, M. (2021). Augmented reality applications for K-12 education: A systematic review from the usability and user experience perspective. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 30, 100321. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100321>.
- *Lee, E. A. L. and Wong, K. W. (2014). Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected. *Computers & Education*, 79, 49-58. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.010>.
- Lee, J. Y., Rhee, G. W. and Seo, D. W. (2010). Hand gesture-based tangible interactions for manipulating virtual objects in a mixed reality environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 51, 1069-1082. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2671-x>.
- Lei, J. and Zhao, Y. (2007). Technology uses and student achievement: A longitudinal study. *Computers & Education*, 49(2), 284-296. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.06.013>.

- Levin, T. and Wadmany, R. (2006) Teachers' beliefs and practices in technology-based classrooms. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(2), 157-181.
- Li, F., Wang, X., He, X., Cheng, L. and Wang, Y. (2022). How augmented reality affected academic achievement in K-12 education – a meta-analysis and thematic-analysis. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2012810>.
- Lim, C. P. (2007). Effective integration of ICT in Singapore schools: Pedagogical and policy implications. *Educational Technology Research and Development*, 55, 83–116.
- *Lin, T. J., Duh, H. B. L., Li, N., Wang, H. Y. and Tsai, C. C. (2013). An investigation of learners' collaborative knowledge construction performances and behavior patterns in an augmented reality simulation system. *Computers & Education*, 68, 314-321. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.05.011>.
- *Lindgren, R., Tscholl, M., Wang, S., and Johnson, E. (2016). Enhancing learning and engagement through embodied interaction within a mixed reality simulation. *Computers & Education*, 95, 174-187. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.01.001>.
- *Liou, H. H., Yang, S. J. H., Chen, S. Y. and Tarng, W. (2017). The influences of the 2D image-based augmented reality and virtual reality on student learning. *Educational Technology & Society*, 20(3), 110-121.
- *Little, T. W. (2015). *Effects of digital game-based learning on student engagement and academic achievement* (Publication No. 3721273) [Published doctoral dissertation, Lamar University]. PQDT Open.
- *Liu, Q., Yu, S., Chen, W., Wang, Q. and Xu, S. (2021). The effects of an augmented reality based magnetic experimental tool on students' knowledge improvement and cognitive load. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(3), 645-656. <https://doi.org/10.1111/jcal.12513>.
- *Liu, R., Wang, L., Lei, J., Wang, Q. and Ren, Y. (2020). Effects of an immersive virtual reality-based classroom on students' learning performance in science lessons. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2034-2049. doi:10.1111/bjet.13028.
- *Liu, T. Y., Tan, T. H. and Chu, Y. L. (2009). Outdoor natural science learning with an RFID-supported immersive ubiquitous learning environment. *Journal of Educational Technology & Society*, 12(4), 161-175.
- *Lui, M., McEwen, R. and Mullally, M. (2020). Immersive virtual reality for supporting complex scientific knowledge: Augmenting our understanding with physiological monitoring. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 2180-2198. doi:10.1111/bjet.13022.

- Luppici, R. (2005). A systems definition of educational technology in society. *Educational Technology & Society*, 8(3), 103-109.
- Mackay, W. E. (1998). *Augmented reality: Linking real and virtual worlds a new paradigm for interacting with computers*. In Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces, AVI '98 (New York, NY: Association for Computing Machinery), 13-21. doi: 10.1145/948496.948498.
- MacKenzie, S. (2013). *Human-Computer interaction: An empirical research perspective*. Morgan Kaufmann: Waltham, MA, USA.
- Makransky, G., Mayer, R., Nøremølle, A., Cordoba, A. L., Wandall, J. and Bonde, M. (2020). Investigating the feasibility of using assessment and explanatory feedback in desktop virtual reality simulations. *Educational Technology Research and Development*, 68, 293-317. <https://doi.org/10.1007/s11423-019-09690-3>.
- Mann, S., Furness, T., Yuan, Y., Iorio, J. and Wang, Z. (2018). *All reality: virtual, augmented, mixed (X), mediated (X, Y), and multimediated reality*. ArXiv, abs/1804.08386. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1804.08386>.
- *Markamah, N., Subiyanto, S. and Murnomo, A. (2018). The effectiveness of augmented reality app to improve students achievement in learning introduction to animals. *Journal of Education and Learning*, 12(4), 651-657.
- Martin, M. (2016). *Blending instruction with technology: A blueprint for teachers to create unique, engaging, and effective learning experiences*. Lanham, MD: Rowman and Littlefield.
- Martín-Gutiérrez, J., Mora, C. E., Añorbe-Díaz, B. and González-Marrero, A. (2017). Virtual technologies trends in education. *EURASIA Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 13(2), 469-486.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., Dow, G. T. and Mayer, S. (2003). Multimedia learning in an interactive self-explaining environment: What works in the design of agent-based microworlds? *Journal of Educational Psychology*, 95(4), 806-813. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.4.806>.
- McFarlane, A. and Sakellariou, S. (2002). The role of ICT in science education. *Cambridge Journal of Education*, 32(2), 219-232.
- McGonigal, J. (2011). *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. New York, NY: Penguin Press.

- *McQueen, J. A. (2017). *The effects of biology lab delivery mode on academic achievement in college biology* (Publication No. 10259993) [Published doctoral dissertation, Texas A&M University]. PQDT Open.
- Mehlinger, H. D. (1995). *School reform in the information age*. Bloomington, IN: Center for Excellence in Education.
- *Merchant, Z. H. (2012). *The impact of virtual reality-based learning environment design features on students' academic achievements* (Publication No. 3537082) [Published doctoral dissertation, Texas A&M University]. PQDT Open.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W. and Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>.
- *Merchant, Z., Goetz, E. T., Keeney-Kennicutt, W., Cifuentes, L., Kwok, O. and Davis, T. J. (2013). Exploring 3-D virtual reality technology for spatial ability and chemistry achievement. *Journal of Computers Assisted Learning*, 29, 579-590. doi: 10.1111/jcal.12018.
- Middleton, B. M. and Murray, R. K. (1999). The impact of instructional technology on student academic achievement in reading and mathematics. *International Journal of Instructional Media*, 26(1), 109-121.
- Mikropoulos, T. A. and Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education*, 56, 769-780. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.10.020>.
- Miles, M. B. and Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. (2nd ed). Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Milgram, P. and Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information Systems*, 77(12), 1321–1329.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A. and Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. In Proceedings of SPIE 2351, 282-292. doi: 10.1117/12.197321.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097.
- Moro, C., Birt, J., Stromberga, Z., Phelps, C., Clark, J., Glasziou, P. and Scott, A. M. (2020). Virtual and augmented reality enhancements to medical and science student

- physiology and anatomy test performance: A systematic review and meta-analysis. *Anatomical Sciences Education*, 14(3), 368-376. <https://doi.org/10.1002/ase.2049>.
- *Moro, C., Phelps, C., Redmond, P. and Stromberga, Z. (2021). HoloLens and mobile augmented reality in medical and health science education: A randomised controlled trial. *British Journal of Educational Technology*, 52(2), 680-694. <https://doi.org/10.1111/bjet.13049>.
- *Musawi, A. A., Ambusaidi, A., Al-Balushi, S., Al-Sinani, M. and Al-Balushi, K. (2017). Effectiveness of learning with 3D-lab on Omani basic education students' achievement, attitudes and scientific thinking. *Journal of Education and Training Studies*, 5(11), 177-188.
- Mütterlein, J., Jelsch, S. and Hess, T. (2018). *Specifics of collaboration in virtual reality: How immersion drives the intention to collaborate*. In Proceedings of the Twenty-Second Pacific Asia Conference on Information Systems. 26 July 2018, Yokohama, Japan
- National Research Council (NRC). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. (Expanded edition). J.D. Bransford, A.L. Brown, and R.R. Cocking (Eds.), Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (NRC). (2002). *Enhancing undergraduate education with information technology: A workshop summary*. M. Hilton, editor. Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: National Academy Press.
- *Nersesian, E. W. (2021). *Impact of user traversal on performance of STEM learners in immersive virtual environments* (Publication No. 27998166) [Published doctoral dissertation, New Jersey Institute of Technology]. PQDT Open.
- Nesenbergs, K., Abolins, V., Ormanis, J. and Mednis, A. (2021). Use of augmented and virtual reality in remote higher education: A systematic umbrella review. *Education Sciences*, 11(1), 1-12. <https://doi.org/10.3390/educsci11010008>.
- Noh, Z., Sunar, M. S. and Pan, Z. (2009). *A review on augmented reality for virtual heritage system*. In M. Chang, R. Kuo, Kinshuk, G. Chen and M. Hirose (Eds.), Learning by playing: Game-based education system design and development. 4th International Conference on E Learning and Games, Edutainment 2009. Lecture Notes in Computer Science, vol 5670. Springer, Berlin, Heidelberg.
- *Ogbuanya, T. C. and Onele, N. O. (2018). Investigating the effectiveness of desktop virtual reality for teaching and learning of electrical/electronics technology in universities. *Computers in the Schools*, 35(3), 226-248. <https://doi.org/10.1080/07380569.2018.1492283>.

- Olimpo J. T., Kumi B. C., Wroblewski R. and Dixon B. L., (2015). Examining the relationship between 2D diagrammatic conventions and students' success on representational translation tasks in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 133–142.
- *Olympiou, G. and Zacharia, Z. C. (2010). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Science Education*, 96(1), 21-47. <https://doi.org/10.1002/sce.20463>.
- Özdemir, D. and Öztürk, F. (2022). The investigation of mobile virtual reality application instructional content in geography education: Academic achievement, presence, and student interaction. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 38(16), 1487-1503. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2045070>.
- Özdemir, M., Şahin, Ç., Arcagök, S. and Demir, M. K. (2018). The effect of augmented reality applications in the learning process: A meta-analysis study. *Euroasian Journal of Educational Research*, 18(74), 165-186. DOI: 10.14689/ejer.2018.74.9.
- Özdemir, M., Şahin, Ç., Arcagök, S. and Demir, M. K. (2018). The effect of augmented reality applications in the learning process: A meta-analysis study. *Eurasian Journal of Educational Research*, 18(74), 165-186.
- *Özyalçın, B. (2020). *Artırılmış gerçeklikle zenginleştirilmiş jigsaw etkinliklerinin "maddenin tanecikli yapısına ilişkin başarıya ve teknolojik farkındalığa etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. İstanbul Üniversitesi.
- *Pande, P., Thit, A., Sørensen, A. E., Mojsoska, B., Møller, M. E. and Jepsen, P. M. (2021). Long-term effectiveness of immersive VR simulations in undergraduate science learning: Lessons from a media comparison study. *Research in Learning Technology*, 29(29), 1-24. <https://doi.org/10.25304/rlt.v29.2482>.
- Papert, S. (1980). Microworlds: Incubators for knowledge. In *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas* (pp.120-134). Basic Books: New York, NY, USA.
- *Parong, J. and Mayer, R. E. (2018). Learning science in immersive virtual reality. *Journal of Educational Psychology*, 110(6), 785-797. <http://dx.doi.org/10.1037/edu0000241>.
- *Parrotta, M. (2019). *Study to determine the effectiveness of augmented reality to increase comprehension and decrease cognitive load while studying protein structure* [Unpublished master of science thesis]. Laurentian University.
- *Paxinou, E., Georgiou, M., Kakkos, V., Kalles, D. and Galani, L. (2020). Achieving educational goals in microscopy education by adopting virtual reality labs on top of face-to-face tutorials. *Research in Science & Technological Education*, 40(3), 320-339. <https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1790513>.

- *Paxinou, E., Panagiotakopoulos, C. T., Karatrantou, A., Kallest, D. and Sgourou, A. (2019). Implementation and evaluation of a three- dimensional virtual reality biology lab versus conventional didactic practices in lab experimenting with the photonic microscope. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 48(1), 21-27. DOI 10.1002/bmb.21307.
- Pechenkina, E., Laurence, D., Oates, G., Eldridge, D. and Hunter, D. (2017). Using a gamified mobile app to increase student engagement, retention and academic achievement. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(31), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0069-7>.
- *Peder Alagöz, Z. B. (2020). *Mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin fen bilimlerine yönelik kaygılarına ve akademik başarılarına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.
- *Penn, M. and Ramnarain, U. (2019). A comparative analysis of virtual and traditional laboratory chemistry learning. *Perspectives in Education*, 37(2), 80-97. <http://dx.doi.org/10.18820/2519593X/pie.v37i2.6>.
- Petrina, S. (2007). *Advanced teaching methods for the technology classroom*. Hershey, PA: Information Science Publishing.
- *Pickering, J. D., Panagiotis, A., Ntakakis, G., Athanassiou, A., Babatsikos, E. and Bamidis, P. D. (2022). Assessing the difference in learning gain between a mixed reality application and drawing screencasts in neuroanatomy. *Anatomical Sciences Education*, 15(3), 628-635. <https://doi.org/10.1002/ase.2113>.
- Pifarré, M. and Argelagós, E. (2008). Inquiry web-based learning to enhance information problem solving competence in science. In J. Zumbach, N. Schwartz, T. Seufert and L. Kester (Eds.), *Beyond knowledge: The legacy of competence* (pp.153-162). Vienna, Austria: Springer.
- Poole, B. J. and Kidder, S. Q. (1996). Making connections in the undergraduate laboratory. *Journal of College Science Teaching*, 26(1), 34-36.
- *Prammanee, N. and Pasawano, T. (2018). The development of an augmented reality media using inquiry-based learning on the topic of the force and motion object. *HRD Journal*, 9(2), 37-53.
- Rauschnabela, P. A., Felix, R. and Hinsch, C. (2019). Augmented reality marketing: How mobile AR-apps can improve brands through inspiration. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 49, 43-53.

- *Reeves, T., Romine, W. and Laffey, J. (2020). *Distance learning through game-based 3D virtual learning environments: Mission hydro science*. U411C140081, U.S. Department of Education's Investing in Innovation Fund.
- *Renner, J. C. (2014). *Does Augmented Reality Affect High School Students' Learning Outcomes in Chemistry?* (Publication No. 3628589) [Published doctoral dissertation, Grand Canyon University]. PQDT Open.
- *Richards, D. and Taylor, M. (2015). A Comparison of learning gains when using a 2D simulation tool versus a 3D virtual world: An experiment to find the right representation involving the Marginal Value Theorem. *Computers & Education*, 86, 157-171. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.03.009>.
- Rogers, P. L. (2002). Teacher-designers: How teachers use instructional design in real classrooms. In P. L. Rogers (Ed.), *Designing instruction for technology-enhanced learning*, (pp. 1-17). Hershey, PA: Idea Group.
- *Ronelus, W. J. (2016). *Using a multi-user virtual simulation to promote science content: mastery, scientific reasoning, and academic self-efficacy in fifth grade science* (Publication No. 10257709) [Published doctoral dissertation, Pace University]. PQDT Open.
- Rosenbaum, E., Klopfer, E., and Perry, J. (2007). On location learning: Authentic applied science with networked augmented realities. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 31-45. DOI: 10.1007/s10956-006-9036-0.
- Rosenthal, R. and Dimatteo, M. R. (2002). Meta-Analysis. In H. Pashler and J. Wixted (Eds.), *Stevens' handbook of experimental psychology: Methodology in experimental psychology* (3rd ed.), (pp. 391-428). New York, NY: Wiley.
- Rosenthal, R. (1995). Writing meta-analytic reviews. *Psychological Bulletin*, 118(2), 183-192.
- Ross, S.M. (2020). Technology infusion in K-12 classrooms: A retrospective look at three decades of challenges and advancements in research and practice. *Education Technology Research and Development*, 68, 2003–2020.
- Rutten, N., van Joolingen, W. R. and van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136-153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>.
- *Şahin, D. (2017). *Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile yapılan fen öğretiminin ortaokul ve öğrencilerinin başarılarına ve derse karşı tutumlarına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Atatürk Üniversitesi.

- Sakdavong, J. C., Burgues, M. and Hue, N. (2019). Virtual reality in self-regulated learning: Example in art domain. In *Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2019)* (pp. 79-87). 2-4 May 2019, Greece.
- Sánchez-Martín, J. J., Cañada-Cañada, F. and Dávila-Acedo, M. A. (2017). Just a game? Gamifying a general science class at university: Collaborative and competitive work implications. *Thinking Skills and Creativity*, 26, 51-59. doi:10.1016/j.tsc.2017.05.003.
- *Sarı Ay, Ö. and Yılmaz, S. (2015). Effects of virtual experiments oriented science instruction on students' achievement and attitude. *Elementary Education Online*, 14(2), 606-620. <http://dx.doi.org/10.17051/io.2015.25820>.
- *Sarioğlu, S. (2019). *İlköğretim 6. sınıfta fen bilimleri dersi hücre konusunda sanal gerçeklik kullanımının öğrencilerin akademik başarıları ve derse karşı tutumuna etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Gazi Üniversitesi.
- *Sarıyıldız, S. (2020). *Artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanımının fen eğitiminde öğrenci başarılarına ve derse karşı motivasyonlarına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi.
- *Say, S. and Pan, V. (2017). The effect of instruction with augmented reality astronomy cards on 7th grade students' attitudes towards astronomy and academic achievement. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, Special Issue for INTE 2017.
- Schäfer, T. and Schwarz, M. A. (2019). The meaningfulness of effect sizes in psychological research: Differences between sub-disciplines and the impact of potential biases. *Frontiers in Psychology*, 10, 1-13.
- Schifter, C. C. and Stewart, C. M. (2010). Technologies and the classroom come to age: After century of growth. In C. M. Stewart, C. C. Schifter and M. E. Markaridian Selverian (Eds.), *Teaching and learning with technology: Beyond constructivism* (pp. 3-26). New York, NY: Routledge.
- Schnabel, M. A. (2009). Framing mixed realities. In *Mixed Reality in Architecture, Design and Construction*; Wang, X., Schnabel, M.A. (Eds.) (pp.3-11). Springer: Dordrecht, The Netherlands.
- *Schoeb, D. S., Schwarz, J., Hein, S., Schlager, D., Pohlmann, P. F., Frankenschmidt, A., Gratzke, C. and Miernik, A. (2020). Mixed reality for teaching catheter placement to medical students: A randomized single-blinded, prospective trial. *BMC Medical Education*, 20, 510. <https://doi.org/10.1186/s12909-020-02450-5>.
- Schrum, L. and Levin, B. B. (2009). *Leading 21st century schools: Harnessing technology for engagement and achievement*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press.

Selwyn, N. (2010). Looking beyond learning: Notes towards the critical study of educational technology. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(1), 65-73.

Şen, S. ve Yıldırım, İ. (2020). *CMA ile Meta-Analiz Uygulamaları*. Ankara: Anı.

*Şentürk, M. (2018). *Mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarının yedinci sınıf “güneş sistemi ve ötesi” ünitesinde kullanılmasının öğrencilerin akademik başarı, motivasyon, fene ve teknolojiye yönelik tutumlarına etkisinin Solomon dört gruplu modelle incelenmesi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Kocaeli Üniversitesi.

Serafina, Č., Dostála, J. and Havelka, M. (2015). Inquiry-based instruction in the context of constructivism. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 186, 592-599.

*Shim, K. C., Park, J. S., Kim, H. S., Kim, J. H., Park, Y. C. and Ryu, H. I. (2003). Application of virtual reality technology in biology education. *Journal of Biological Education*, 37(2), 71-74. <https://doi.org/10.1080/00219266.2003.9655854>.

*Shiue, Y. M., Hsu, Y. C., Sheng, M. H. and Lan, C. H. (2019). Impact of an augmented reality system on students' learning performance for a health education course. *International Journal of Management, Economics and Social Sciences*, 8(3), 195-204. doi:10.32327/IJMESS/8.3.2019.12.

*Singh, G., Mantri, A., Sharma, O. and Kaur, R. (2020). Virtual reality learning environment for enhancing electronics engineering laboratory experience. *Computers Applications in Engineering Education*, 29(1), 229-243. <https://doi.org/10.1002/cae.22333>.

*Singh, G., Mantri, A., Sharma, O., Dutta, R. and Kaur, R. (2019). Evaluating the impact of the augmented reality learning environment on electronics laboratory skills of engineering students. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(6), 1361-1375. <https://doi.org/10.1002/cae.22156>.

Sinha, G., Shahi, R. and Shankar, M. (2010). *Human computer interaction*. Third International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, 19-21 November 2010. Goa, India. DOI: 10.1109/ICETET.2010.85.

*Sırakaya, M. (2015). *Artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarıları, kavram yanlışları ve derse katılımlarına etkisi* [Yayınlanmamış doktora tezi]. Gazi Üniversitesi.

Sitzmann, T. (2011). A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. *Personal Psychology*, 64(2), 489-528.

*Smith, G. W. (2015). *Combining physical and virtual laboratories: Effects of perceptual features of science laboratory environments on learners' conceptions* (Publication No.

3680322) [Published doctoral dissertation, University Of Wisconsin-Madison]. PQDT Open.

*Somuncuoğlu Özerbaş, D. (2019). The effect of marker-based augmented reality (MBAR) applications on academic achievement and permanence. *Universal Journal of Educational Research*, 7(9), 1926-1932. DOI: 10.13189/ujer.2019.070911.

Steinert, M. and Leifer, L. J. (2010). Scrutinizing Gartner's hype cycle approach. In *PICMET 2010 Technology Management for Global Economic Growth* (pp.1-13). 18-22 July 2010, Phuket, Thailand.

Sterne, J. A. C. and Harbord, R. M. (2004). Funnel plots in meta-analysis. *The Stata Journal*, 4(2), 127-141.

Stolz, S. A. (2014). Embodied learning. *Educational Philosophy and Theory*, 47(5), 474-487. <https://doi.org/10.1080/00131857.2013.879694>.

Strandbygaard, J., Bjerrum, F., Maagaard, M., Winkel, P., Larsen, C. R., ... Sorensen, J. L. (2013). Instructor feedback versus no instructor feedback on performance in a laparoscopic virtual reality simulator: A randomized trial. *Annals of Surgery*, 257(5), 839-844. doi: 10.1097/SLA.0b013e31827eee6e.

*Strzys, M. P., Kapp, S., Thees, M., Klein, P., Lukowicz, P., Knierim, P., ... Kuhn, J. (2018). Physics holo. lab learning experience: Using smartglasses for augmented reality labwork to foster the concepts of heat conduction. *European Journal of Physics*, 39(3), 035703. DOI 10.1088/1361-6404/aaa8fb.

Strzys, M. P., Kapp, S., Thees, M., Kuhn, J., Lukowicz, P., Knierim, P. and Schmidt, A. (2017). Augmenting the thermal flux experiment: A mixed reality approach with the HoloLens. *The Physics Teacher*, 55, 376-377. <https://doi.org/10.1119/1.4999739>.

Stull, A. T. and Hegarty, M. (2016). Model manipulation and learning: Fostering representational competence with virtual and concrete models. *Journal of Educational Psychology*, 108(4), 509-527. <https://doi.org/10.1037/edu0000077>.

*Sudlow-Naggie, N. (2020). *The effects of virtual laboratory activities on science learning* [Unpublished doctoral dissertation]. St. John's University.

Suleman, Q., Hussain, I., Naseer ud Din, M. and Shafique, F. (2017). Effects of information and communication technology (ICT) on students' academic achievement and retention in chemistry at secondary level. *Journal of Education and Educational Development*, 4(1), 73-93.

- *Sun, K. T., Lin, C. L. and Wang, S. M. (2009). A 3-D virtual reality model of the sun and the moon for e-learning at elementary schools. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 8, 689-710. <https://doi.org/10.1007/s10763-009-9181-z>.
- *Sun, K., Lin, Y. and Yu, C. (2007). A study on learning effect among different learning styles in a Web-based lab of science for elementary school students. *Computers & Education*, 50(4), 1411-1422. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.01.003>.
- *Sung, H. Y., Hwang, G. J., Wu, P. H. and Lin, D. Q. (2018). Facilitating deep-strategy behaviors and positive learning performances in science inquiry activities with a 3D experiential gaming approach. *Interactive Learning Environments*, 26(8), 1053-1073. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1437049>.
- Sutherland, I. E. (1968). *A head-mounted three dimensional display*. In Proceedings of the December 9–11, 1968, Fall Joint Computer Conference, Part I. ACM (pp. 757–764).
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- *Tang, Y. M., Au, K. M., Lau, H. C., Ho, G. T. and Wu, C. H. (2020). Evaluating the effectiveness of learning design with mixed reality (MR) in higher education. *Virtual Reality*, 24(4), 797-807. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00427-9>.
- *Tarng, W., Lin, Y. J. and Ou, K. L. (2021). A virtual experiment for learning the principle of Daniell cell based on augmented reality. *Applied Sciences*, 11(2), 762. <https://doi.org/10.3390/app11020762>.
- *Tarng, W., Lin, Y. S., Lin, C. P. and Ou, K. L. (2016). Development of a lunar-phase observation system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Mobile Information Systems*, 8352791. <https://doi.org/10.1155/2016/8352791>.
- *Tarng, W., Ou, K. L., Yu, C. S., Liou, F. L. and Liou, H. H. (2015). Development of a virtual butterfly ecological system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Virtual Reality*, 19, 253-266. <https://doi.org/10.1007/s10055-015-0265-5>.
- *Tatlı, Z. and Ayas, A. (2013). Effect of a virtual chemistry laboratory on students' achievement. *Educational Technology & Society*, 16(1), 159-170.
- Tekedere, H. and Göker, H. (2016). Examining the effectiveness of augmented reality applications in education: A meta-analysis. *International Journal of Environmental & Science Education*, 11(16), 9469-9481.

- *Templeton, C. E. (2019). *An analysis of the pedagogical affordances of a virtual learning environment in a catholic school* (Publication No. 13860448) [Published doctoral dissertation, Morehead State University]. PQDT Open.
- Tennyson, R. D. and Jorczak, R. L. (2008). A conceptual framework for the empirical study of instructional games. In O'Neil, H. F. and Perez, R. S. (Eds.), *Computer games and team and individual learning* (pp. 39–54). Oxford, UK: Elsevier.
- Tezer, M., Yıldız, E., Masalimova, A., Fatkhutdinova, A., Zheltukhina, M. and Khairullina, E. (2019). Trends of augmented reality applications and research throughout the world: Meta-analysis of theses, articles and papers between 2001-2019 years. *International Journal of Emerging Technology in Learning*, 14(22), 154-173. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i22.11768>.
- *Thees, M., Kapp, S., Strzys, M. P., Beil, F., Lukowicz, P. and Kuhn, J. (2020). Effects of augmented reality on learning and cognitive load in university physics laboratory courses. *Computers in Human Behavior*, 108, 106316. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106316>.
- *Thisgaard, M. and Makransky, G. (2017). Virtual learning simulations in high school: Effects on cognitive and non-cognitive outcomes and implications on the development of STEM academic and career choice. *Frontiers in Psychology*, 8(805). DOI: 10.3389/fpsyg.2017.00805.
- *Tiala, S. K. (2005). *Virtual reality in K-12 classroom* (Publication No. 3200463) [Published doctoral dissertation, Iowa State University]. PQDT Open.
- *Tian, K., Urata, M., Endo, M., Mouri, K., Yasuda, T. and Kato, J. (2019). Real-world oriented smartphone AR supported learning system based on planetarium contents for seasonal constellation observation. *Applied Sciences*, 9(17), 3508. <https://doi.org/10.3390/app9173508>.
- *Tolentino, L., Birchfield, D., Megowan-Romanowicz, C., Johnson-Glenberg, M. C., Kelliher, A. and Martinez, C. (2009). Teaching and Learning in the Mixed-Reality Science Classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 18, 501-517. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9166-2>.
- *Topuz, Y. (2018). *Anatomi eğitiminde sanal gerçeklik ve üç boyutlu masaüstü materyallerin akademik başarı ve bilişsel yük açısından karşılaştırılması* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Marmara Üniversitesi.
- *Türk, C. ve Kalkan, H. (2017). Astronomi öğretiminde iki farklı yöntemin deneysel olarak karşılaştırılması. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 1015-1036.

*Türksoy, E. (2019). *Artırılmış gerçeklik ve çevrim içi materyallerle bütünleştirilen öğretim yöntemlerinin, fen dersindeki başarı ve kalıcılığa etkisi: Karma desen* [yayınlanmamış doktora tezi]. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi.

U.S. Department of Education. (2008). Chapter 7: *Technology Integration*. USA, December.

*Ureta, F. T. G. (2010). *A classroom augmented reality game to teach electrostatics* (Publication No. 28180463) [Published master of science thesis, Pontificia Universidad Catolica De Chile]. PQDT Open..

*Urhan, O. (2019). *Fen eğitime yönelik sanal gerçeklik uygulamalarının etkisinin incelenmesi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Dokuz Eylül Üniversitesi.

Villena-Taranilla, R., Tirado-Olivares, S., Cózar-Gutiérrez, R., and González-Calero, J. A. (2022). Effects of virtual reality on learning outcomes in K-6 education: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 35, 100434. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100434>.

Vogel, J. J., Vogel D. S., Cannon-Bowers, J., Bowers, C. A., Muse, K. and Wright, M. (2006). Computer gaming and interactive simulations for learning: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 34(3), 229-243. <https://doi.org/10.2190/FLHV-K4WA-WPVQ-H0YM>.

*Vrellis, I., Avouris, N. and Mikropoulos, T. A. (2016). Learning outcome, presence and satisfaction from a science activity in Second Life. *Australasian Journal of Educational Technology*, 32(1), 59-77. <https://doi.org/10.14742/ajet.2164>.

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press.

*Wahyu, Y., Suastra, I. W., Sadia, I. W. and Suarni, N. K. (2020). The *Effectiveness of Mobile Augmented Reality Assisted STEM-Based learning* on scientific literacy and students' achievement. *International Journal of Instruction*, 13(3), 343-356. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13324a>.

*Wainman, B., Pukas, G., Wolak, L., Mohanraj, S., Lamb, J. and Norman, G. R. (2020). The critical role of stereopsis in virtual and mixed reality learning environments. *Anatomical Sciences Education*, 13(3), 401-412. <https://doi.org/10.1002/ase.1928>.

*Wan, A. T., San, L. Y. and Omar, M. S. (2018). Augmented reality technology for year 10 chemistry class: Can the students learn better? *International Journal of Computer-Assisted Language Learning and Teaching*, 8(4), 45-64. DOI: 10.4018/IJCALLT.2018100104.

- *Wang, T. (2017). *The effect of virtual reality on learning motivation and academic performance* [Unpublished master of science thesis]. Emporia State University.
- Wang, X. M., Hu, Q. N., Hwang, G. J. and Yu, X. H. (2022). Learning with digital technology-facilitated empathy: An augmented reality approach to enhancing students' flow experience, motivation, and achievement in a biology program. *Interactive Learning Environments*, (in press). <https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2057549>.
- *Wang, Y. H. (2020). Integrating games, e-books and AR techniques to support project-based science learning. *Educational Technology & Society*, 23(3), 53-67.
- *Weeks, J. K., Pakpoor, J., Park, B. J., Robinson, N. J., Rubinstein, N. A., Prouty, S. M. and Nachiappan, A. C. (2021). Harnessing augmented reality and CT to teach first-year medical students head and neck anatomy. *Academic Radiology*, 28(6), 871-876. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2020.07.008>.
- Wellington, J. (2003). Practical work in science: Time for a re-appraisal. In J. Wellington (Ed.), *Practical work in school science: Which way now?* (pp. 3-15). Taylor & Francis e-Library.
- *Weng, C., Otanga, S., Christianto, S. M. and Chu, R. J. C. (2020). Enhancing students' biology learning by using augmented reality as a learning supplement. *Journal of Educational Computing Research*, 58(4), 747-770. <https://doi.org/10.1177/073563311988421>.
- *Weng, C., Rathinasabapathi, A., Weng, A. and Zagita, C. (2019). Mixed reality in science education as a learning support: A revitalized science book. *Journal of Educational Computing Research*, 57(3), 777-807. DOI: 10.1177/0735633118757017.
- *Winkelmann, K., Keeney-Kennicutt, W., Fowler, D., Macik, M. (2017). Development, implementation, and assessment of general chemistry lab experiments performed in the virtual world of Second Life. *Journal of Chemical Education*, 94, 849-858. DOI: 10.1021/acs.jchemed.6b00733.
- *Winkelmann, K., Keeney-Kennicutt, W., Fowler, D., Macik, M. L., Guarda, P. P. and Ahlborn, C. J. (2020). Learning gains and attitudes of students performing chemistry experiments in an immersive virtual world. *Interactive Learning Environments*, 28(5), 620-634. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1696844>.
- Winn, W. (1993). *A conceptual basis for educational applications of virtual reality* (Technical Report TR-93-9). Seattle, Washington: Human Interface Technology Laboratory, University of Washington. URL: <http://www.hitl.washington.edu/publications/r-93-9>.

- *Wrzesien, M. and Raya, M. A. (2010). Learning in serious virtual worlds: Evaluation of learning effectiveness and appeal to students in the E-Junior project. *Computers & Education*, 55(1), 178-187. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.01.003>.
- Wu, B., Yu, X. and Gu, X. (2020). Effectiveness of immersive virtual reality using head-mounted displays on learning performance: A meta-analysis. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 1991-2005. <https://doi.org/10.1111/bjet.13023>.
- Xhang, J., Li, G., Huang, Q., Feng, Q. and Luo, H. (2022). Augmented reality in k-12 education: a systematic review and meta-analysis of the literature from 2000 to 2020. *Sustainability*, 14(15), 9725. <https://doi.org/10.3390/su14159725>.
- Xu, W. W., Su, C. Y. and Chen, C. H. (2022). Exploring the effectiveness and moderators of augmented reality on science learning: A meta-analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 31, 621-637. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09982-Z>.
- Yadav, S., Chakraborty, P., Kochar, G. and Ansari, D. (2020). Interaction of children with an augmented reality smartphone app. *International Journal of Information Technology*, 12, 711-716. <https://doi.org/10.1007/s41870-020-00460-6>.
- *Yang, K. Y. and Heh, J. S. (2007). The impact of internet virtual physics laboratory instruction on the achievement in physics, science process skills and computer attitudes of 10th-grade students. *Journal of Science Education and Technology*, 16, 451-461. <https://doi.org/10.1007/s10956-007-9062-6>.
- *Yang, S. Y. and Tsai, C. H. (2020). Deep motivation or surface strategy: Effects of authentic technologies on scientific learning outcomes and study approaches. *Journal of Internet Technology*, 21(6), 1835-1844. DOI: 10.3966/160792642020112106024.
- Yang, X., Lin, L. Cheng, P. Y., Yang, X. and Ren, Y. (2019). Which EEG feedback works better for creativity performance in immersive virtual reality: The reminder or encouraging feedback? *Computers in Human Behavior*, 99, 345-351. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.06.002>.
- *Yannier, N. (2016). *Bridging physical and virtual learning: A mixed-reality system for early science* (Publication No. 10297455) [Published doctoral dissertation, Carnegie Mellon University]. PQDT Open.
- *Yen, J. C., Tsai, C. H. and Wu, M. (2013). Augmented reality in the higher education: Students' science concept learning and academic achievement in astronomy. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 103, 165-173. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.322>.

- Yeo, J. and Nielsen, W. (2020). Multimodal science teaching and learning. *Learning: Research and Practice*, 6(1), 1-4. <https://doi.org/10.1080/23735082.2020.1752043>.
- *Yeşiltaş, H. M. (2019). *Animasyon ve sanal gerçekliğe dayalı rehber materyallerin bazı öğrenme ürünlerine etkisi: Dolaşım sistemi örneği* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Ordu Üniversitesi.
- *Yetişir, H. (2019). *Mobil cihazlarla artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin akademik başarı, tutum ve kalıcılığına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi.
- *Yıldırım, F. S. (2020). The effect of the augmented reality applications in science class on students' cognitive and affective learning. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 6(4), 259-267.
- *Yıldırım, F. S. (2021). Effectiveness of augmented reality implementation methods in teaching science to middle school students. *International Journal of Curriculum and Instruction*, 13(2), 1024-1038.
- *Yıldırım, F. S. (2021). The effect of virtual laboratory applications on 8th grade students' achievement in science lesson. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 7(2), 171-181. <https://doi.org/10.21891/jeseh.837243>.
- *Yıldırım, İ. (2020). *Fen öğretiminde artırılmış gerçeklik uygulamalarının 6. sınıf öğrencilerinin akademik başarılarına ve kalıcılığa etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Osmangazi Üniversitesi.
- *Yıldırım, P. (2018). *Mobil artırılmış gerçeklik teknolojisi ile yapılan fen öğretiminin ortaokul öğrencilerinin fen ve teknolojiye yönelik tutumlarına ve akademik başarılarına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Fırat Üniversitesi.
- *Yıldırım, S. (2016). *Fen bilimleri dersinde artırılmış gerçeklik uygulamalarının öğrencilerin başarısına, motivasyonuna, problem çözme becerilerine yönelik algısına ve tutumlarına etkisi* [Yayınlanmamış yüksek lisans tezi]. Ankara Üniversitesi.
- *Yoon, S. A., Elinich, K., Wang, J., Steinmeier, C. and Tucker, S. (2012). Using augmented reality and knowledge-building scaffolds to improve learning in a science museum. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 7, 519-541. <https://doi.org/10.1007/s11412-012-9156-x>.
- *Yoon, S., Anderson, E., Lin, J. and Elinich, K. (2017). How augmented reality enables conceptual understanding of challenging science content. *Journal of Educational Technology & Society*, 20(1), 156-168.

- Young, J. (2018). Using a role-play simulation game to promote systems thinking. *The Journal of Continuing Education in Nursing*, 49(1), 10-11. DOI: [10.3928/00220124-20180102-04](https://doi.org/10.3928/00220124-20180102-04).
- Zacharia, Z. C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 120-132. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2006.00215.x>.
- *Zacharia, Z. C. and Constantinou, C. P. (2008). Comparing the influence of physical and virtual manipulatives in the context of the Physics by Inquiry curriculum: The case of undergraduate students' conceptual understanding of heat and temperature. *American Journal of Physics*, 76(4), 425-430. <https://doi.org/10.1119/1.2885059>.
- *Zacharia, Z. C. and De Jong, T. (2014). The effects on students' conceptual understanding of electric circuits of introducing virtual manipulatives within a physical manipulatives-oriented curriculum. *Cognition and Instruction*, 32(2), 101-158. <https://doi.org/10.1080/07370008.2014.887083>.
- *Zacharia, Z. C. and Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and instruction*, 21(3), 317-331. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2010.03.001>.
- *Zacharia, Z. C., Olympiou, G. and Papaevripidou, M. (2008). Effects of experimenting with physical and virtual manipulatives on students' conceptual understanding in heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(9), 1021-1035. <https://doi.org/10.1002/tea.20260>.
- *Zhang, J., Huang, Y. T., Liu, T. C., Sung, Y. T. and Chang, K. E. (2020). Augmented reality worksheets in field trip learning. *Interactive Learning Environments*. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1758728>.
- Zhang, J., Li, G., Huang, Q., Feng, Q. and Luo, H. (2022). Augmented reality in K–12 education: A systematic review and meta-analysis of the literature from 2000 to 2020. *Sustainability*, 14(15), 9725. <https://doi.org/10.3390/su14159725>.
- *Zhang, J., Sung, Y. T., Hou, H. T., and Chang, K. E. (2014). The development and evaluation of an augmented reality-based armillary sphere for astronomical observation instruction. *Computers & Education*, 73, 178-188. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.01.003>.
- Zhao, W. J., Cao, Z. and Liao, H. J. (2022). The effects of augmented reality learning experiences on students' academic performance: A meta-analysis review. *8th International Conference on Information Management (ICIM)*, 25-27 Mart 2022. Cambridge, United Kingdom. DOI: 10.1109/ICIM56520.2022.00012.

- *Zhou, S., Han, J., Pelz, N., Wang, X., Peng, L., Xiao, H. and Bao, L. (2011). Inquiry style interactive virtual experiments: A case on circular motion. *European Journal of Physics*, 32(6), 1597. DOI 10.1088/0143-0807/32/6/013.
- *Zhu, B., Feng, M., Lowe, H., Kesselman, J., Harrison, L., and Dempski, R. E. (2018). Increasing enthusiasm and enhancing learning for biochemistry-laboratory safety with an augmented-reality program. *Journal of Chemical Education*, 95(10), 1747-1754. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00116>.



ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Ayşe Gül ÖZAŞKIN ARSLAN
 Lisans : Boğaziçi Üniversitesi
 Yüksek Lisans : Amasya Üniversitesi

Bilimsel Faaliyetler

- Özaşkın Arslan, A. G. ve Arslan, Ö. (2022). Genişletilmiş gerçeklik uygulamaları. Uluçınar Sağır, Ş. ve Öner Armağan, F. (ed.), *Etkinlik örnekleriyle fen öğretiminde yeni yaklaşımlar* içinde (ss. 147-190). Ankara: Nobel.
- Bozgun, K., Ozaskin-Arslan, A. G. and Ulucinar-Sagır, S. (2022). Covid-19 and distance education: Evaluation in the context of twenty-first century skills. *The Asia-Pacific Education Researcher*. <https://doi.org/10.1007/s40299-022-00663-4>.
- Uluçınar Sağır, Ş., Özaşkın, A. G. ve Bozgün, K. (2021, Haziran 3-5). *Sınıf öğretmen adaylarının 21. yüzyıl becerileri bağlamında uzaktan eğitimi değerlendirmeleri* [Konferans sunumu]. ERPA International Congresses on Education, Sakarya, Türkiye.
- Ozaskın Arslan, A. G. and Ulucinar Sagır, S. (2020). Representation of nature of science in matter and its nature subject area of science textbooks. *International Online Journal of Educational Sciences*, 12(5), 124-143.
- Özaşkın Arslan, A. G. ve Karamustafaoğlu, S. (2019). 2018 fen bilimleri öğretim programı kapsamındaki 7. sınıf güneş sistemi ve ötesi ünitesine yönelik bir başarı testi geliştirme. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 38(2), 172-205.
- Karslı, G., Özaşkın, Arslan, A., Uluçınar Sağır, Ş. ve Bolat, A. (2019, Nisan 12-14). *7. sınıf "saf madde ve değişim" ünitesine yönelik geliştirilen bilimin doğası etkinliklerinin etkililiği* [Konferans sunumu]. Uluslararası Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Kongresi, İzmir, Türkiye.
- Yapıcı, Ş. and Özaşkın Arslan, A. G. (2018, May 11-13). *Evaluation of the philosophical foundations of 2018 primary science curriculum* [Conference presentation]. 8th International Conference of Strategic Research on Scientific Studies and Education, Vienna, Austria.
- Taber, K. S. (2017). *Üstün yetenekliler için fen eğitimi* (A. G. Özaşkın Arslan ve Ç. Akkanat, Çev.). Ankara: Pegem (Orijinali 2007 yılında basılmıştır).
- Özaşkın, A. G. ve Bacanak, A. (2016). Eğitimde yaratıcılık çalışmaları: Neler biliyoruz. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 5(25), 212-226.
- Özaşkın, A. G. ve Bacanak, A. (2016, Mayıs 13-15). *Eğitimde yaratıcılık üzerine bir derleme çalışması* [Konferans sunumu]. ICONTE 7th International Congress on New Trends in Education, Antalya, Türkiye.

- Bayar, A., Özaşkın, A. G. ve Bardak, Ş. (2015). Kaynaştırma eğitimi ile ilgili duygular, tutumlar ve kaygılar ölçeği'nin Türkçe'ye uyarlama, geçerlik ve güvenirlik çalışması. *Turkish Studies*, 10(3), 175-186.
- Solak, E. and Özaşkın, A. (2014). The notion of charter schools and its feasibility in Turkey. *Participatory Educational Research*, 2(2), 1-13.

