



Sınrsız Eğitim ve Araştırma Dergisi



The Journal of Limitless Education and Research

*Kasım 2024
Cilt 9, Sayı 3*

*November 2024
Volume 9, Issue 3*



The Journal of Limitless Education and Research

November 2024, Volume 9, Issue 3

Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi

Kasım 2024, Cilt 9, Sayı 3

Sahibi

Prof. Dr. Firdevs GÜNEŞ

Owner

Prof. Dr. Firdevs GÜNEŞ

Editör

Doç. Dr. Ayşe Derya IŞIK

Editor in Chief

Assoc. Prof. Dr. Ayşe Derya IŞIK

Editör Yardımcısı

Doç. Dr. Çağın KAMIŞCIOĞLU

Assistant Editor

Assoc. Prof. Dr. Çağın KAMIŞCIOĞLU

Yazım ve Dil Editörü

Prof. Dr. Bilge BAĞCI AYRANCI
Doç. Dr. İbrahim Halil YURDAKAL
Doç. Dr. Serpil ÖZDEMİR

Philologist

Prof. Dr. Bilge BAĞCI AYRANCI
Assoc. Prof. Dr. İbrahim Halil YURDAKAL
Assoc. Prof. Dr. Serpil ÖZDEMİR

Yabancı Dil Editörü

Doç. Dr. Çağın KAMIŞCIOĞLU
Doç. Dr. Gülden TÜM
Doç. Dr. Tanju DEVECİ

Foreign Language Specialist

Assoc. Prof. Dr. Çağın KAMIŞCIOĞLU
Assoc. Prof. Dr. Gülden TÜM
Assoc. Prof. Dr. Tanju DEVECİ

İletişim

Sınırsız Eğitim ve Araştırma Derneği
06590 ANKARA – TÜRKİYE
e-posta: editor@sead.com.tr
sead@sead.com.tr

Contact

Limitless Education and Research Association
06590 ANKARA – TURKEY
e-mail: editor@sead.com.tr
sead@sead.com.tr

Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi (SEAD), yılda üç kez yayımlanan uluslararası hakemli bir dergidir. Yazıların sorumluluğu, yazarlarına aittir.

Journal of Limitless Education and Research(J-LERA) is an international refereed journal published three times a year. The responsibility lies with the authors of papers.

İNDEKSLER / INDEXED IN



H.W. Wilson

EBSCO

INFORMATION SERVICES



	Editörler Kurulu (Editorial Board)	
Computer Education and Instructional Technology Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi	Prof. Dr. Hasan ÖZGÜR Doç. Dr. Barış ÇUKURBAŞI	Trakya Üniversitesi, Türkiye Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Türkiye
Educational Sciences Eğitim Bilimleri	Doç. Dr. Ayşe ELİÜŞÜK BÜLBÜL Doç. Dr. Gülenaz ŞELÇUK Doç. Dr. Menekşe ESKİCİ	Necmettin Erbakan Üniversitesi, Türkiye Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Türkiye Kırklareli Üniversitesi, Türkiye
Science Fen Eğitimi	Prof. Dr. Nurettin ŞAHİN Dr. Yasemin BÜYÜKŞAHİN	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Türkiye Bartın Üniversitesi, Türkiye
Art Education Güzel Sanatlar Eğitimi	Doç. Dr. Seçil KARTOPU	Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara
Lifelong Learning Hayat Boyu Öğrenme	Prof. Dr. Firdevs GÜNEŞ Prof. Dr. Thomas R. GILLPATRICK Doç. Dr. Tanju DEVECİ	Ankara Üniversitesi, Türkiye Portland State University, USA Antalya Bilim Üniversitesi, Türkiye
Teaching Mathematics Matematik Eğitimi	Prof. Dr. Erhan HACİÖMEROĞLU Prof. Dr. Burçin GÖKKURT ÖZDEMİR Doç. Dr. Aysun Nüket ELÇİ	Temple University, Japan Bartın Üniversitesi, Türkiye Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
Pre-School Education Okul Öncesi Eğitimi	Doç. Dr. Neslihan BAY Dr. Burcu ÇABUK	Michigan State University, USA Ankara Üniversitesi, Türkiye
Primary Education Sınıf Eğitimi	Prof. Dr. Özlem BAŞ Prof. Dr. Sabri SİDEKLİ Prof. Dr. Yalçın BAY Doç. Dr. Oğuzhan KURU Doç. Dr. Süleyman Erkam SULAK	Hacettepe Üniversitesi, Türkiye Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Türkiye Michigan State University, USA Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Türkiye Ordu Üniversitesi, Türkiye
Teaching Social Studies Sosyal Bilgiler Eğitimi	Doç. Dr. Cüneyit AKAR	Uşak Üniversitesi, Türkiye
Teaching Turkish Türkçe Öğretimi	Prof. Dr. Fatma KIRMIZI Prof. Dr. Bilge BAĞCI AYRANCI Prof. Dr. Nevin AKKAYA Doç. Dr. Serpil ÖZDEMİR	Pamukkale Üniversitesi, Türkiye Adnan Menderes Üniversitesi, Türkiye Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye Bartın Üniversitesi, Türkiye
Teaching Turkish to Foreigners Yabancılara Türkçe Öğretimi	Prof. Dr. Apollinaria AVRUTİNA Prof. Dr. Yuu KURIBAYASHI Assoc. Prof. Dr. Galina MISKINIENE Assoc. Prof. Dr. Könül HACIYEVA Assoc. Prof. Dr. Xhemile ABDIU Doç. Dr. Gülden TİM Lecturer Dr. Feride HATİBOĞLU Lecturer Semahat RESMİ CRAHAY	St. Petersburg State University, Russia Okayama University, Japan Vilnius University, Lithuania Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan Tiran University, Albania Çukurova Üniversitesi, Türkiye University of Pennsylvania, USA PCVO Moderne Talen Gouverneur, Belgium
Foreign Language Education Yabancı Dil Eğitimi	Prof. Dr. Arif SARIÇOBAN Prof. Dr. Işıl ULUÇAM-WEGMANN Prof. Dr. İ. Hakkı MİRİCİ Prof. Dr. İlknur SAVAŞKAN Assoc. Prof. Dr. Christina FREI Doç. Dr. Bengü AKSU ATAÇ Dr. Ulaş KAYAPINAR	Selçuk Üniversitesi, Türkiye Universität Duisburg-Essen, Germany Hacettepe Üniversitesi, Türkiye Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye University of Pennsylvania, USA Nevşehir Hacı Bektaş Üniversitesi, Türkiye American University of the Middle East (AUM), Kuwait



The Journal of Limitless Education and Research, Volume 9, Issue 3

Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi, Cilt 9, Sayı 3

Yayın Danışma Kurulu (Editorial Advisory Board)

- Prof. Dr. Ahmet ATAÇ, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet GÜNŞEN, Trakya Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ahmet KIRKILIÇ, Ağrı Çeçen Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ali YAKICI, Gazi Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Apollinaria AVRUTINA, St. Petersburg State University, Russia
Prof. Dr. Arif ÇOBAN, Konya Selçuk Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Asuman DUATEPE PAKSU, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Bilge AYRANCI, Adnan Menderes Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Burçin GÖKKURT ÖZDEMİR, Bartın Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Demet GİRGIN, Balıkesir Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Duygu UÇGUN, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Efe AKBULUT, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Erhan Selçuk HACIÖMEROĞLU, Temple University, Japan
Prof. Dr. Erika H. GILSON, Princeton University, USA
Prof. Dr. Erkut KONTER, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Erol DURAN, Uşak Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ersin KIVRAK, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Esra BUKOVA GÜZEL, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Fatma AÇIK, Gazi Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Fatma KIRMIZI, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Firdevs GÜNEŞ, Ankara Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Fredricka L. STOLLER, Northern Arizona University, USA
Prof. Dr. Fulya ÜNAL TOPÇUOĞLU, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Gizem SAYGILI, Karaman Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Hakan UŞAKLI, Sinop Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Hasan ÖZGÜR, Trakya Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Hüseyin ANILAN, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Hüseyin KIRAN, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. İbrahim COŞKUN, Trakya Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. İhsan KALENDEROĞLU, Gazi Üniversitesi, Türkiye



The Journal of Limitless Education and Research, Volume 9, Issue 3

Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi, Cilt 9, Sayı 3

-
- Prof. Dr. İlknur SAVAŞKAN, Bursa Uludağ Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. İlze IVANOVA, University of Latvia, Latvia
Prof. Dr. İsmail MİRİCİ, Hacettepe Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Jack C RICHARDS, University of Sydney, Avustralia
Prof. Dr. Kamil İŞERİ, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Levent MERCİN, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Leyla KARAHAN, Gazi Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Liudmila LIASHCHOVA, Minsk State Linguistics University, Belarus
Prof. Dr. Mehmet Ali AKINCI, Rouen University, France
Prof. Dr. Meliha YILMAZ, Gazi Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Merih Tekin BENDER, Ege Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Mustafa Murat İNCEOĞLU, Ege Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Nergis BİRAY, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Nesrin İŞİKOĞLU ERDOĞAN, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Nevin AKKAYA, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Nezir TEMUR, Gazi Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Nil DUBAN, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Nurettin ŞAHİN, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Özlem BAŞ, Hacettepe Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Pınar GİRMEN, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Ruhan KARADAĞ, Selçuk Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Sabri SİDEKLİ, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Salim PİLAV, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Serap BUYURGAN, Başkent Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Serdar TUNA, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Serdarhan Musa TAŞKAYA, Mersin Üniversitesi
Prof. Dr. Seyfi ÖZGÜZEL, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Songül ALTINIŞIK, TODAİE Emekli Öğretim Üyesi, Türkiye
Prof. Dr. Süleyman İNAN, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Şafak ULUÇINAR SAĞIR, Amasya Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Şahin KAPIKIRAN, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye



The Journal of Limitless Education and Research, Volume 9, Issue 3

Sınrsız Eğitim ve Araştırma Dergisi, Cilt 9, Sayı 3

-
- Prof. Dr. Şerif Ali BOZKAPLAN, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Tahir KODAL, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Tazegül DEMİR ATALAY, Kafkas Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Thomas R. GILLPATRICK, Portland State University, USA.
Prof. Dr. Todd Alan PRICE, National-Louis University, USA
Prof. Dr. Turan PAKER, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Umut SARAÇ, Bartın Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. William GRABE, Northern Arizona University, USA
Prof. Dr. Yağın BAY, Michigan State University, USA
Prof. Dr. Yasemin KIRKGÖZ, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
Prof. Dr. Yuu KURIBAYASHI, Okayama University, JAPAN
Prof. Dr. A. Işıl ULUÇAM-WEGMANN, Universität Duisburg-Essen, Deutschland
Assoc. Prof. Dr. Sevinc QASİMOVA, Bakü State University, Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Carol GRIFFITHS, University of Leeds, UK
Assoc. Prof. Dr. Christina FREI, University of Pennsylvania, USA
Assoc. Prof. Dr. Könül HACIYEVA, Azerbaijan National Academy of Sciences, Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Salah TROUDI, University of Exeter, UK
Assoc. Prof. Dr. Suzan CANHASİ, University of Prishtina, Kosovo
Assoc. Prof. Dr. Şaziye YAMAN, American University of the Middle East (AUM), Kuwait
Assoc. Prof. Dr. Xhemile ABDIU, Tiran University, Albania
Assoc. Prof. Dr. Galina MISKINIENE, Vilnius University, Lithuania
Assoc. Prof. Dr. Spartak KADIU, Tiran University, Albania
Doç. Dr. Abdurrahman ŞAHİN, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Ahmet BAŞKAN, Hitit Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Anıl ERTOK ATMACA, Karabük Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Aydın ZOR, Akdeniz Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Aysun Nüket ELÇİ, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Ayşe Derya IŞIK, Bartın Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Ayşe ELİÜŞÜK BÜLBÜL, Selçuk Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Barış ÇUKURBAŞI, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Behice VARIŞOĞLU, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Türkiye



The Journal of Limitless Education and Research, Volume 9, Issue 3

Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi, Cilt 9, Sayı 3

-
- Doç. Dr. Berna Cantürk GÜNHAN, Dokuz Eylül Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Cüneyit AKAR, Uşak Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Çağın KAMIŞCIOĞLU, Ankara Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Dilek FİDAN, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Feryal BEYKAL ORHUN, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Filiz METE, Hacettepe Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Funda ÖRGE YAŞAR, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Gülden TÜM, Çukurova Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Gülenaz SELÇUK, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Güliz AYDIN, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. İbrahim Halil YURDAKAL, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Mehmet Celal VARIŞOĞLU, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Melek ŞAHAN, Ege Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Meltem DEMİRCİ KATRANCI, Gazi Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Menekşe ESKİCİ, Kırklareli Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Nazan KARAPINAR, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Neslihan BAY, Michigan State University, USA
Doç. Dr. Nil Didem ŞİMŞEK, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Orhan KUMRAL, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Sayım AKTAY, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Seçil KARTOPU, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Sevgi ÖZGÜNGÖR, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Sibel KAYA, Kocaeli Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Süleyman Erkam SULAK, Ordu Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Şahin ŞİMŞEK, Kastamonu Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Tanju DEVECİ, Antalya Bilim Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Ufuk YAĞCI, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Doç. Dr. Vesile ALKAN, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Banu ÖZDEMİR, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Emel GÜVEY AKTAY, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Türkiye
Dr. Öğr. Üyesi Hasan Hüseyin MUTLU, Ordu Üniversitesi, Türkiye



The Journal of Limitless Education and Research, Volume 9, Issue 3

Sınrsız Eğitim ve Araştırma Dergisi, Cilt 9, Sayı 3

Dr. Öğr. Üyesi Üzeyir SÜĞÜMLÜ, Ordu Üniversitesi, Türkiye

Dr. Bağdagül MUSSA, University of Jordan, Jordan

Dr. Düriye GÖKÇEBAĞ, University of Cyprus, Language Centre, Kıbrıs

Dr. Erdost ÖZKAN, Pamukkale Üniversitesi, Türkiye

Dr. Feride HATİBOĞLU, University of Pennsylvania, USA

Dr. Hanane BENALI, American University of the Middle East (AUM), Kuwait

Dr. Ulaş KAYAPINAR, American University of the Middle East (AUM), Kuwait

Dr. Nader AYİSH, Khalifa University of Science and Technology, UAE



The Journal of Limitless Education and Research, Volume 9, Issue 3

Sınrsız Eğitim ve Araştırma Dergisi, Cilt 9, Sayı 3

Bu Sayının Hakemleri (Referees of This Issue)

Prof. Dr. Demet GİRGIN, Balıkesir Üniversitesi

Prof. Dr. Hasan ÖZGÜR, Trakya Üniversitesi

Prof. Dr. Pınar GİRMEN, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

Prof. Dr. Yasin SOYLU, Atatürk Üniversitesi

Prof. Dr. Zerrin Gül ESMERLİGİL, Çukurova Üniversitesi

Doç. Dr. Ayşen KARAMETE, Balıkesir Üniversitesi

Doç. Dr. Gülten Feryal GÜNDÜZ, İstanbul Kültür Üniversitesi

Doç. Dr. Hacer ULU BİLİM, Afyon Kocatepe Üniversitesi

Doç. Dr. Menekşe ESKİCİ, Kırklareli Üniversitesi



The Journal of Limitless Education and Research, Volume 9, Issue 3

Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi, Cilt 9, Sayı 3

Dear Readers,

We are delighted to present you the November 2024 issue of the Journal of Limitless Education and Research.

The aim of our Journal, which has been continually published by the Limitless Education and Research Association (LERA) for 8 years since 2016, is to contribute scientifically to the field of education and research. To this end, theoretical and applied original studies are published for free and shared with readers at nationwide and worldwide.

The Limitless Journal of Education and Research is published in Turkish and English three times a year and indexed in EBSCO, Education Full Text (H. W. Wilson) Database Coverage List, which is accepted as a field index by the Higher Education Council (UAK in Turkish). Additionally, it is indexed in various national and international indexes such as ASOS, DRJI, ESJI, OAJI, ROAD, SIS, SOBİAD, Worldcat, and receives numerous citations. To the SOBİAD impact factor, our journal is in the top 90th among scientific journals in our country. Our initiatives and studies continue so as to let our journal be scanned in national and international indexes.

SEAD Journal, an internationally peer-reviewed journal, is published with scientific contributions of articles, research, and projects by academics, researchers, educators, and teachers from different countries. Our journal has been maintaining its publication for eight years without compromising its academic and scientific quality, delivering current and new studies to readers in the field.

In this issue of our journal, four scientific research and articles related to education are included. We would like to thank all the editors, authors, reviewers, and translators who contributed to the preparation and publication of this issue.

We extend our respect with the hope that our journal will contribute to scientists, researchers, educators, teachers, and students in the field.

LIMITLESS EDUCATION AND RESEARCH ASSOCIATION



The Journal of Limitless Education and Research, Volume 9, Issue 3

Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi, Cilt 9, Sayı 3

Değerli Okuyucular,

Sizlere Dergimizin Kasım 2024 sayısını sunmaktan büyük mutluluk duyuyoruz.

Sınırsız Eğitim ve Araştırma Derneği (SEAD) tarafından 2016 yılından bu yana 8 yıldır kesintisiz olarak yayınlanan Dergimizin amacı, eğitim ve araştırma alanına bilimsel yönden katkı sağlamaktır. Bu amaçla kuramsal ve uygulamalı özgün çalışmalar ücretsiz yayınlanmakta, ulusal ve uluslararası düzeydeki okuyucularla paylaşılmaktadır.

Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi (SEAD), yılda üç sayı olarak Türkçe ve İngilizce yayınlanmakta, ÜAK tarafından alan indeksi olarak kabul edilen EBSCO, Education Full Text (H. W. Wilson) Database Covarage List'te taranmaktadır. Ayrıca ASOS, DRJI, ESJI, OAJI, ROAD, SIS, SOBİAD, Worldcat gibi ulusal ve uluslararası çeşitli indekslerde taranmakta ve çok sayıda atıf almaktadır. SOBİAD etki faktörüne göre Dergimiz, ülkemizdeki bilimsel dergiler içinde ilk 90. sırada bulunmaktadır. Dergimizin ulusal ve uluslararası indekslerde taranabilmesi için girişimlerimiz ve çalışmalarımız devam etmektedir.

Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi (SEAD), uluslararası hakemli bir dergi olmakta, farklı ülkelerdeki akademisyen, bilim insanı, araştırmacı, eğitimci ve öğretmen yazarların makale, araştırma, proje gibi bilimsel katkı ve destekleriyle yayınlanmaktadır. Akademik ve bilimsel kalitesinden ödün vermeden sekiz yıldır yayın hayatını sürdürmekte, güncel ve yeni çalışmalarını alandaki okuyuculara ulaştırmaktadır.

Dergimizin bu sayısında eğitimle ilgili dört bilimsel araştırma ve makaleye yer verilmiştir. Bu sayının hazırlanması ve yayınlanmasında emeği geçen bütün editör, yazar, hakem ve çevirmenlere teşekkür ediyoruz.

Dergimizin alandaki bilim insanı, araştırmacı, eğitimci, öğretmen ve öğrencilere katkılar getirmesi dileğiyle saygılar sunuyoruz.

SINIRSIZ EĞİTİM VE ARAŞTIRMA DERGİSİ

TABLE OF CONTENTS

İÇİNDEKİLER

Article Type: Review
Makale Türü: Derleme

Levent VURAL

Evolutionary Pedagogy: Evolutionary Foundations of Certain Pedagogical Practices and Their Implications in Teaching Processes **340 - 361**

Article Type: Research
Makale Türü: Araştırma

Ahmet ALTUĞ, Fatma KIRMIZI

The Effect of Digital Storytelling Activities on Prospective Teachers' Attitudes Towards Digital Writing **362 - 421**
Dijital Öyküleme Çalışmalarının Öğretmen Adaylarının Dijital Yazmaya İlişkin Tutumlarına Etkisi

Uğur YILDIRIM, Mehmet BEKDEMİR

An Investigation into Secondary School Students' Skills in Using Symbols, Operations, Concepts and Rules in Mathematical Modeling Applications **422 - 462**
Matematiksel Modelleme Uygulamalarında Ortaokul Öğrencilerinin Sembol, İşlem, Kavram ve Kuralları Kullanma Becerilerinin İncelenmesi

Gülşah SEVER, Berivan DAĞHAN, Sefa BÖKE

Investigation of Duolingo-Music in Terms of Universal Design for Learning and Gamification Components **463 - 518**
Duolingo-Müzik Uygulamasının Öğrenmenin Evrensel Tasarımı ve Eğitsel Oyun Bileşenleri Açısından İncelenmesi



The Journal of Limitless Education and Research
Volume 9, Issue 3, 422 - 462

<https://doi.org/10.29250/sead.1508427>

Received: 01.07.2024

Article Type: Research

Accepted: 27.10.2024

An Investigation into Secondary School Students' Skills in Using Symbols, Operations, Concepts and Rules in Mathematical Modeling Applications

Uğur YILDIRIM, Milli Eğitim Bakanlığı, ugryldrm263@gmail.com, 0000-0001-8437-6272

Prof. Dr. Mehmet BEKDEMİR, Erzincan Binali Yıldırım University, mbekdemir@erzincan.edu.tr, 0000-0003-1884-2938

Abstract: This study aims to examine the symbols, operations, rules and generalizations used by sixth grade students in mathematical modeling processes. Using the Teaching Experiment method, data was collected through student worksheets and video recordings. Analyzes showed that students correctly used previously learned symbols such as +, =, /, discovered new symbols, and applied their own strategies during modelling. Mathematical modeling activities helped students make interdisciplinary connections and relate concepts to daily life. The students correctly used the concepts they had previously learned and discovered new concepts, but it was determined that they needed more time and practice to generalize. The study emphasizes the importance of applying mathematical modeling activities frequently and with a variety of topics.

Keywords: Mathematic, Mathematical education, Mathematical modelling.

* This study was produced from the master's thesis numbered 573242, titled "The analysis of sixth grade students skills at mathematical modelling", in the Thesis Center of the Council of Higher Education.

Cited in: Yıldırım, U. & Bekdemir, M. (2024). An investigation into secondary school students' skills in using symbols, operations, concepts and rules in mathematical modeling applications, Matematiksel modelleme uygulamalarında ortaokul öğrencilerinin sembol, işlem, kavram ve kuralları kullanma becerilerinin incelenmesi. *The Journal of Limitless Education and Research, Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi*, 9(3), 422 - 462. <https://doi.org/10.29250/sead.1508427>

1. Introduction

In today's world, the primary aim of education is to nurture individuals who can collaborate, continue learning, apply acquired knowledge, think critically, sustain authentic learning, and exhibit creativity. So as to achieve these goals, education curriculum are regularly updated in Turkey as well as in the rest of the world. Especially, since 2005, there has been a great emphasis on modern teaching approaches in mathematics curricula for secondary and high school to raise students who collaborate, question, think creatively and be learners of self-directed learning, by giving more emphasis on situations/problems involving daily life scenarios. One of these modern approaches is mathematical modeling. In parallel with this, the integration and importance of mathematical modeling in all levels of education is increasing in international and national platforms (Czoher, 2017; Çakmak Gürel & Bekdemir, 2022; Greefrath & Vorhölter, 2016; Schleicher, 2007). In this respect, it is noteworthy that mathematical modeling has been calibrated within the national curricula of many countries such as Turkey, the United States, and Germany as a national skill or competency (Blomhøj & Kjeldsen, 2006; Turkish Ministry of Education, 2013).

The desire to enhance mathematical modeling skills stems from the numerous advantages offered by these modern mathematical applications (Sokolowski, 2015). Primarily, modeling skills facilitate connections across various disciplines and areas of life, particularly in the STEM fields. Secondly, mathematical modeling not only aids in improving mathematics education but also offers students the opportunity to develop mathematical thinking skills, acquire more effective problem-solving abilities, and cultivate a positive attitude toward mathematics (Blum & Borromeo Ferri, 2009; Manouchehri et al., 2020).

Despite the benefits of mathematical modeling, research in the field indicate that realizing classroom applications of mathematical modeling is not as straightforward as anticipated, due to the complex nature of the modeling process itself. This process involves numerous skills such as understanding, simplifying, making assumptions, mathematizing, performing mathematical operations, interpreting mathematical results, obtaining real results, interpreting these results, and presenting and being talented to discuss arguments (Solar et al., 2022). Enhancing the effectiveness of these mathematical modeling applications requires a detailed examination of these processes in detail.

According to this, it is essential to explore which assumptions, mathematical concepts, symbols, theories, operations, and generalizations students utilize at the initial stages of mathematical modeling, secondary and the reasons behind their choices. It is believed that conducting this at the secondary school level, where studies on this topic are limited and many concepts and generalizations are introduced for the first time, will contribute to the effectiveness of mathematical modeling in classroom applications (Çakmak Gürel & Bekdemir, 2022).

This study aims to explore the symbols, operations, rules, and generalizations utilized by sixth-grade students during the mathematical modeling process and the reasons for their preference. To this end, the following two sub-questions are investigated.

1. What symbols, operations, concepts, rules, and generalizations do students use in mathematical modeling processes?

2. What are the reasons students choose specific symbols, operations, concepts, rules, and generalizations in the mathematical modeling process?

1.1. Literature Review

In the literature, there is a general consensus that mathematical modeling is viewed as a process, while a mathematical model is considered as a product (Anhalt & Cortez, 2016). However, these concepts are defined in detail and differently in the field.

A mathematical model is defined by Cobb et al. (2003) as an attempt to create an analogy between an unknown system and a previously known or familiar system, whereas it is described by Lesh and Doerr (2003) as a structure that includes students' conceptual systems alongside their external symbolic representations (such as ideas, representations, rules, and materials). Therefore, a model can be thought of as a tool representing certain aspects of real-life situations, rather than encompassing all elements (Greefrath & Vorhölter, 2016). From this point of view, the mathematical model can be defined as a tool that represents the real world with mathematical expressions (Manouchehri et al., 2020). In the same vein, Pollak (2003) defines a mathematical model as an idealized mathematical representation of a real-world situation, which includes transforming this representation into a mathematical formula. The commonality in these definitions is to focus on using mathematical representation so as to interpret an event or situation in the real world (Stillman et al., 2020; Tropper et al., 2015; Vorhölter et al., 2019).

Mathematical modeling, on the other hand, is commonly described in the literature as a cyclical process wherein real-life situations or problems are translated into mathematical representation, solved within this representation system, and then tested again in real-life contexts (Czocher, 2017). Pollak (2003) defines mathematical modeling as the process of creation, application, adjustment, and verification. Blum and Leiß (2007) outline this process in six stages: "Real Situation," "Situation Model," "Real Model," "Mathematical Model," "Mathematical Results," and "Real Results." This process includes identifying variables, relationships, or predictions related to the given real-life situation, mathematizing, interpreting mathematical results within the real-world situation, and verifying them (Anhalt & Cortez, 2016; Aydın & Derin, 2020; Çakmak Gürel & Bekdemir, 2022).

In this process, the modeler works to understand the situation/problem, and this effort leads to the development of a situation model. During the stage of simplifying and structuring, the modeler defines, describes, or specifies conditions and variables and expresses their sub-problems related to the situation. When constructing a mathematical model, it represents the simplified situation using relevant mathematical tools or representations. Then, it aims to reach real results by conducting mathematical analyses and interpreting mathematical results. These mathematical models are later checked and verified by comparing them to the situation model. If the results are insufficient or inaccurate, a new iterative cycle is initiated to revise the model. Finally, the modeler shares the final model with their peers (Czocher, 2018). In practice, the mathematical modeling process is not as simple as described here. Upon consideration literature, it is a highly complex process for both students and teachers, and there are numerous challenges in learning and teaching this process (Durandt & Lautenbach, 2020; Tropper et al., 2015).

In line with this, numerous studies have been conducted at the national and international levels to investigate students' cognitive behaviors and competencies within the mathematical modeling cycle and to shed light into how teachers could guide students through this process (Blum & Borromeo Ferri, 2009; Çakmak Gürel, 2018; NCTM, 2014).

Research revealconducted reveal that students and teachers experience deficiencies and challenges in various stages of the mathematical modeling cycle (Abel et al., 2020; Biccard, 2024; Frejd & Vos, 2024). Students have difficulties in expressing assumptions, relating modeling to daily life, developing a mathematical model, interpreting or verifying mathematical results,

and testing the model in real life (Gürbüz & Çalık, 2021; Maass, 2006; Rosa & Orey, 2015; Widjaja, 2013).

Some teachers, on the other hand, do not think that the mathematical model is a mathematical representation of real-life scenarios, or they mistakenly believe that the mathematical model is a physical model, such as a three-dimensional representation of a cube (Stillman et al., 2017). Furthermore, there are some teachers who find it difficult to grasp the concept of a mathematical model as a representation of a real-world situation (Carreira & Baioa, 2018; Geiger & Frejd, 2015).

Despite these challenges students experience, studies reveal that mathematical modeling practices across all educational levels improve students' interpretive and thinking abilities, reduce the negative effects of rote learning. In the same vein, they enhance their teamwork skills and also contribute to students' reading comprehension abilities, help them relate mathematics to real-life situations, and foster their positive attitudes towards mathematics (Kaiser, 2020; Niss et al., 2007).

The substantial benefits of mathematical modeling have shifted the focus of research from university and high school students to secondarysecondary and elementary school levels (Manouchehri et al., 2020). Hence, it is especially important in Turkey to examine students' skills and competencies at each stage of the mathematical modeling process at the elementary level, particularly for teachers who will provide guidance. In particular, it is important to reveal what are the mathematical symbols, operations, rules and generalizations used by primary school students in the mathematical modeling process and why they prefer them (Cirillo et al., 2016).

2. Method

The focus of this study is to determine the mathematical content of models produced by secondarysecondary school students and to assess their mathematical knowledge and skills. For this purpose, the Teaching Experiment (TE) method was utilized. Firsthand, this method is considered a teaching and research method used to understand students' mathematical learning and logical thinking abilities. It provides researchers with the opportunity to directly observe and experience students' mathematical learning experiences by examining their changes and developments in small components in the process. This method could be expressed so as to gain a more in-depth understanding of students' development and to improve instructional methods (Steffe & Olive, 2010; Steffe & Thompson, 2000).

In this study, this method was preferred to directly observe and reveal the students' knowledge and skills in the processes of different mathematical modeling activities. Secondary school students were given tables showing the average air temperatures of a city by months from 2013 to 2018 and showing the results of the Olympic athletics 100 m women's and men's 100 meter race results from 1980 to 2016. They were asked to use these tables to predict the nationalities, race times of the 100-meter male and female athletes in the next Olympics, as well as to predict the monthly average temperatures for the following year. It was aimed to reveal the symbols, operations, concepts, rules, and generalizations students utilized in mathematical modeling processes.

During the modeling activities, students worked in groups, and the teacher refrained from providing direct information or guidance. Instead, students relied on their own and their peers' knowledge and experiences to develop mathematical models and predictions. After creating their models and predictions, students presented their findings to the entire class and engaged in discussions with their classmates, allowing both group work and class presentations to serve as a platform for directly observing and evaluating the symbols, operations, concepts, rules, and generalizations they utilized.

2.1. Study Group

The participants in this study consisted of 22 sixth-grade students (10 female, 12 male) attending a secondarysecondary school near the center of a large city in Eastern Anatolia Region during the 2018-2019 academic year. The sample was chosen through convenience sampling (Yıldırım & Şimşek, 2013) as the researcher was also the teacher of the selected class. One of the reasons for choosing the participant is that they have academically high-achieving level. The reason why these successful students are preferred is to reveal the symbols, operations, concepts, rules and generalizations used by the students more and more clearly in mathematical modeling processes, especially at the secondary school level. Since mathematical modeling and group work are rarely practiced in secondary schools, none of the participants had any prior experience with mathematical modeling activities.

The topics and symbols the students had learned up until the time of the modeling activity can be summarized as follows. In fifth grade, students learned about natural numbers and operations, addition and subtraction with fractions, decimal representations, basic geometric concepts, triangles and quadrilaterals, measurement of length and time, area of a rectangle, and how to recognize and label the elements of a rectangular prism. They also learned

how to formulate research questions that require data collection, create frequency and bar graphs, and interpret data. In sixth grade, prior to the activity, students learned about operations with natural numbers, factors and multiples (including terms like multiples, divisors, prime numbers, common divisors, and common multiples), and sets. They also learned symbols such as $+$, $=$, \times , \div , $\%$, $//$, AB , $[AB]$, $|AB|$, dm , dam , hm , cm^2 , and m^2 .

2.2. Data Collection

Within the scope of this study, the data were gathered through students' worksheets, video recordings, and the transcription of these videos into text format.

During the implementation stage, worksheets produced by the students during in-class group work were collected by the researcher at the end of each lesson, with the students' names written on them for documentation. These worksheets were later used for analysis in alignment with the study's sub-problems.

Additionally, video recordings of group work and in-class sharing of the created models were taken, and then these video recordings were transcribed into text format. The accuracy of these transcriptions was verified by listening to the videos multiple times. In this process, a few words that were not understood due to noise were corrected in the texts.

2.3. Data Analysis

The data gathered from the students' worksheets and transcriptions of the videos were subjected to content analysis. The primary purpose of content analysis is to systematically examine the data within a framework of explanatory concepts or relationships. For this purpose, first of all, codes suitable for the word or sentence in the data are assigned. Accordingly, codes were assigned to words or sentences in the data, which were then grouped into conceptual categories to form themes. Finally, similar codes in the data were grouped under the same themes and systematically interpreted in a way that readers could understand (Yıldırım & Şimşek, 2013).

To identify the mathematical symbols, operations, concepts, rules, and generalizations used by students during the modeling process, data from worksheets and video recordings were analyzed in alignment with the sub-problems. In the analysis phase, the mathematical symbols created or adapted by the students, as well as their shapes or expressions, were converted into codes, which were then grouped under the theme "Symbols." Similarly, students' use of

mathematical operations and execution of their own strategies were coded and later combined under the theme "Operations."

Under the theme of "Mathematical Concepts and Rules," all variables, concepts, or rules that could influence the students' modeling were included even if they were not expressed in a mathematical format in the coding process. These were then grouped under a sub-theme titled "Non-Mathematical Concepts and Rules," as displayed in Table 1.

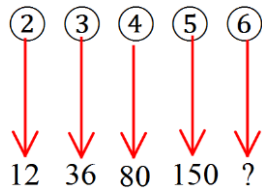
When constituting codes, the analysis initially focused on the symbols, operations, and rules included in the grade-level mathematics curriculum or textbooks. However, any additional symbols, operations, or rules used by the students that were not in the curriculum were also considered. For instance, it was observed that some students used the abbreviation "AM" for Arithmetic Mean. Even if this concept and abbreviation are beyond their grade level, the students were observed to have used it correctly. Thus, consequently, in the analysis it was decided to include non-mathematical representations in the symbols category.

To ensure validity and reliability, the codes and themes established by the researcher were reviewed by an expert of mathematics education, and consensus was reached. Subsequently, the researcher re-examined the data according to these codes and themes and tabulated. The expert also independently reviewed the worksheets following the same codes and themes. The inter-rater reliability was assessed by comparing the results of the researcher and the expert, and a match rate of 87% was found. This rate was calculated based on the ratio of the total number of codes to categories ($1 - [5 \text{ differing codes} / 41 \text{ total categories}]$). According to Miles & Huberman (1994), a match rate of 70% or above is considered acceptable, indicating sufficient reliability between coders.

To address the second sub-problem, which asked, "What are the reasons students choose specific symbols, operations, concepts, rules, and generalizations in the mathematical modeling process?", the data from student worksheets and class discussion transcripts were subjected to descriptive analysis in relation to the first sub-problem's themes.

2.4. Study Implementation

Before beginning the mathematical modeling activities, students completed "Warm-Up Problems" to engage and help them feel comfortable with the setting and their classmates (Lesh & Doerr, 2003). For instance, the warm-up problem before the first modeling activity was as follows:



Based on the above-mentioned statement, which number should be replaced by '?' in Step 6 for the statement to be accurate?

This problem was posed to students to think about on their own or in groups and to provide answers. Students proposed various solutions, some of which were contested by other classmates, leading to discussions and a consensus. After the warm-up problems, the mathematical modeling activities began.

For the mathematical modeling activity, two different modeling tasks were, as previously mentioned, selected. The first task involved predicting the weather. In this task, students were provided with a table showing the monthly average temperatures from 2013 to 2018 in the city where the study was conducted. Using this table, they were asked to predict the average temperatures for each month in the following year. The purpose of this activity was to give students who had no prior experience on mathematical modeling, an opportunity to engage in a modeling task. This activity aimed to help students experience the mathematical modeling process and obtain data.

In the second mathematical modeling activity, students were provided with a table containing the results of 100-meter races for men and women from the Olympics from 1980 to 2016. Using this data, students were asked to predict the top three athletes, their times, and their countries for the next Olympics. During this activity, students were given the opportunity to research the Olympic track races and results on the internet and watch videos of previous 100-meter men's and women's races. This allowed students to observe and learn new concepts related to athletics, the Olympics, and Olympic events. For example, while watching the videos, students commented on athletes' body movements (e.g., keeping their heads down or up, arm position, steps). After watching the videos, students were divided into groups of 4-5 members based on their preferences. Each group received a table showing the top three athletes, their times, and their countries in the 100-meter men's and women's races from the last 10 Olympics. The groups were asked to use this table to analyze scores and countries and to make predictions for the next Olympics. Students first examined the table, studied the scores and countries, and worked on predictions. During this process, students presented and justified their ideas to

convince their peers. Each group recorded their mathematical models, calculations, and generalizations, if any, on worksheets. Once the groups completed their work, each group presented their findings to the class, after which other students asked questions and discussed the model or predictions. The activity concluded after all groups had presented. This activity spanned three weeks, with a total of 12 class hours.

In this study, the teacher was both the instructor and the researcher. During the implementation process, the teacher refrained from providing direct information to students and instead asked questions aimed at encouraging critical thinking, such as why and how questions regarding the models or results the students found. The tables used in the two "Weather Forecast" and "Olympic Results" applications were created by the researcher using actual data. The researcher consulted a field expert with experience in mathematics education and mathematical modeling to review the tables and data used in these applications. Based on recommendations, additional information about the second and third-place runners was included in the Olympic results table, which was revised accordingly.

3. Findings

To address the first sub-problem of "What symbols, operations, concepts, rules, and generalizations do students use in mathematical modeling processes?", content analysis was conducted on the data collected from the study group's worksheets and classroom discussion transcripts. The findings are presented separately for each of the two mathematical modeling applications under the themes of "Symbols," "Operations," and "Concepts and Rules," with their corresponding codes, frequencies, and percentages, as displayed in Table 1 and Table 2.

Table 1

Symbols, Operations, and Concepts/Rules in the First Mathematical Modeling Application

Theme	Code	Frequency	%
Symbols	AA*	2	15
	=	4	30
	/	2	15
	+	2	15
	-	3	25
	Total		100
Operations	Addition	3	30
	Subtraction	1	10
	Arithmetic Average	2	20
	Addition with Decimals	1	10
	Division with Decimals	3	30
	Total		100
Non-Mathematical Concepts and Rules	Global Warming	1	100
	Total	100	

	Pattern	1	50
Mathematical Concepts and Rules	Arithmetic Average (AA)	1	50
	Total		100

*Aritmatic Average

According to Table 1, in the first mathematical modeling application, the students used a total of five different symbols (13 times), five operations (10 times), and four concepts or rules. Under "Non-Mathematical Concepts and Rules," global warming was mentioned once. An example from one group included the statement, "Due to the effects of global warming, temperatures will rise over the years."

Table 2

Symbols, Operations, and Concepts/Rules in the Second Mathematical Modeling Application

Theme	Code	Frequency	%
Symbols	=	4	25
	AA	2	13
	/	4	25
	+	4	25
	-	2	12
	Total		100
Operations	Addition	2	22
	Addition with Integers	1	12
	Arithmetic Average	2	22
	Addition with Decimals	2	22
	Division with Decimals	2	22
Total		100	
Non-Mathematical Concepts and Rules	World Record	1	7
	Fatigue	1	7
	Penalty (Ethics)	1	7
	Wind	1	7
	Technology	1	7
	Young - Old	4	29
	Friction	1	7
	Experience	4	29
Total		100	
Mathematical Concepts and Rules	Ranking and Sequencing	4	13
	Pattern	4	13
	Arithmetic Average	5	17
	Age	4	13
	Frequency	2	8
	Magnitude	1	3
	Smallness	1	3
	Times	1	3
	Increasing-Decreasing	2	8
	Probability	1	3
	Minimum-Maximum	1	3
	Grouping	4	13
Total		100	

As seen in Table 2, in the second mathematical modeling application, students used five different symbols (16 times), five operations (9 times), and six non-mathematical concepts or rules (44 times). In both applications, students did not make generalizations. Under the theme of "Symbols," students generally used previously learned symbols (+, -, /, etc.). The only exception was the use of 'AA' to represent Arithmetic Average.

In the "Operations" theme, most students relied on previously learned operations, such as addition and subtraction, sometimes adapting these operations into their own strategies. For example, in decimal addition, students grouped decimal numbers in threes and then summed each group individually before totaling the grouped sums.

These findings suggest that students correctly used symbols and operations they had learned in the past and developed new strategies for their use during the mathematical modeling activities.

Handwritten mathematical expressions showing students' work on operations with decimals. The work is organized into four groups of three numbers each, with a final sum:

$$\begin{array}{l} 10,71 \\ 10,75 \\ 10,78 \end{array}) = 14 = 21$$

$$\begin{array}{l} 10,93 \\ 11,12 \\ 10,94 \end{array}) = 9 = 19$$

$$\begin{array}{l} 10,82 \\ 10,54 \\ 10,97 \end{array}) = 13 = 22$$

$$\begin{array}{r} 11,067 \\ + \\ \hline 102,62 \end{array} = 6 = 0$$

Figure 1. Expressions used by students under the theme of operations

Under the "Mathematical Concepts and Rules" theme, three significant observations emerged. Firstly, students utilized non-mathematical variables that could affect their mathematical models, such as frictional force, wind, world records, and experience—concepts that relate to other subjects. For example, in a classroom discussion, one group of students noted, "We noticed that athletes keep their heads up while running towards the finish line so they can go faster. After crossing the line, they lower their heads, which slows them down due to friction."

Secondly, students frequently applied mathematical concepts and rules they had previously learned in their secondary school mathematics curriculum. Examples include operations with decimals and basic arithmetic functions like addition and division, as shown in Figure 2, which illustrates students' calculations in the context of these operations..

$$102,62 \div 10 = 10,26$$

Figure 2. Expressions used by students under the theme of operations

Thirdly, some students used mathematical concepts and rules that were above their grade level, such as negative integers, arithmetic averages, and probability, as exemplified in Figure 3, where students recorded their use of these higher-level operations and concepts.

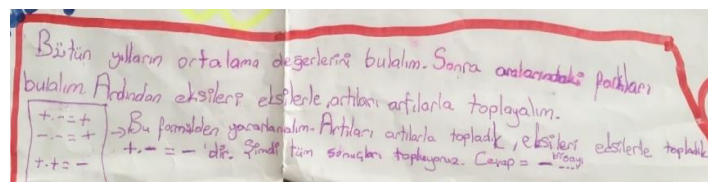


Figure 3. Expressions used by students under the theme of operations

From these findings, it is evident that students utilized mathematical and non-mathematical concepts accurately in mathematical modeling activities, even incorporating advanced concepts beyond their grade level.

When comparing Table 1 and Table 2, it appears that students used more symbols, operations, and mathematical and non-mathematical concepts during the second modeling activity (Olympic track events) compared to the first (weather forecasting). This suggests that students engaged with a broader range of ideas and themes in the more complex activity.

To address the second sub-problem, "What are the reasons students choose specific symbols, operations, concepts, rules, and generalizations in mathematical modeling?" descriptive analysis was performed.

Under the "Symbols" theme, symbols like +, -, and / are part of the secondary school mathematics curriculum and relevant to the students' grade level. However, the use of the abbreviation "AA" for "average" is generally introduced in later grades. During interviews, students explained that they used symbols such as + and - both as mathematical operations and as indicators for temperature changes, with "AA" being used to represent an average based on their understanding and familiarity with textbook examples.

Under the "Operations" theme, basic operations (addition, subtraction, multiplication, and division) are introduced to students at this grade level. However, operations involving

negative numbers and calculations for arithmetic average are generally taught at a later stage. In discussions, students explained that they grouped negative and positive numbers separately when adding, basing the final sign on which group had the greater absolute value.

Under the "Non-Mathematical Concepts and Rules" theme, students justified the use of the concept of "global warming" by referring to phenomena such as melting glaciers, the greenhouse effect, and the loss of polar bear habitats, indicating that they recognized climate change's impact on rising temperatures. This is illustrated in Figure 4, where students documented their reasoning in the worksheets.

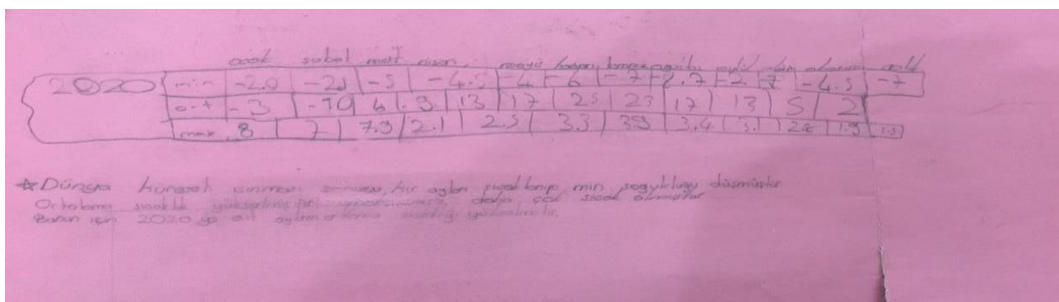


Figure 4. Expressions used by students under the theme of non-mathematical concepts and rules

Under the "Mathematical Concepts and Rules" theme, students explained that they recognized patterns in the historical data where both minimum and general average temperatures appeared to be increasing. This led them to use the concept of a pattern in their models, explaining that a pattern could be observed even if the increase was not consistent every year. Arithmetic average was often referenced as a "mean" that could be calculated by averaging values across multiple years. An example of this is a student group's statement: "We will calculate the average temperature from 2013 to 2018 and then divide this by six to get the average for each year." In the second modeling activity;

Under the "Symbols" theme, symbols such as +, -, /, and . are included as the four basic operations in the secondary school mathematics curriculum for this grade level. However, the "AA" symbol, representing the Arithmetic Average, is introduced in later grades. Interviews with students revealed that they used the + and - symbols specifically as operations, while "AA" was used as an abbreviation for "average".

Under the "Operations" theme, addition with integers, arithmetic average, and addition and division with decimal numbers are part of the curriculum for this grade level. However, calculating the arithmetic average is generally introduced at a later stage. During interviews,

students stated that, due to not having learned the formal method for finding arithmetic averages, they referred to it simply as “average”.

In the “Non-Mathematical Concepts and Rules” theme, students incorporated terms from daily life or other subjects, such as fatigue, penalties, wind, technology, and age differences (young-old), using these as variables or assumptions. Examples of students' statements include;

“As a rule, Jamaica has historically won the women’s 100-meter race most often, so Jamaica will likely win the next Olympics. Jamaica has developed itself in this sport and, in terms of experience, is more advanced than other countries, so it’s expected to win again.”

“Additionally, we noticed that athletes keep their heads up while running to reduce air resistance and run faster. Then, as they approach the finish line, they lower their heads to slow down, which is due to friction.”.

In the “Mathematical Concepts and Rules” theme, when asked why they used concepts such as pattern, frequency, age, magnitude, smallness, and increase-decrease, students explained that they were primarily associated with their math curriculum. For example, students stated that they used the concept of a pattern to describe consistent increases or decreases over the years, even if the trend was not perfectly uniform. The concept of probability (chance) was applied by students to predict that the United States would likely win the men’s 100-meter race, as demonstrated by their pattern analysis in Figure 5.

Bir sonrali olimpiyalarda kazananlar 2020

ABD	9	kere	olimpiyada	kazandı	1. kere
Japonya	3	kere	"	"	2. kere
Kanada	"	"	"	"	3. kere
Pozlonya	1	"	"	"	4. kere
ABD	2	"	"	"	5. kere
Birleşik Kr.	3	"	"	"	6. kere
Kuba	1	"	"	"	7. kere
Bulgaristan	1	"	"	"	8. kere

Figure 5. A pattern table showing the countries that won the Olympics and the number of wins created by the students

Figure 5 reveals a pattern table the students created listing the winning countries and the number of times each country has won, leading them to conclude that the U.S. is likely to win again based on past success.

4. Conclusion, Discussion, and Suggestions

This study primarily aims to identify the symbols, operations, and rules used by sixth-grade students in mathematical modeling processes. In line with this objective, two main

findings were obtained within the theme of symbols. The first finding is that students correctly used symbols they had previously learned throughout the modeling process. Specifically, it was found that students used the symbols $+$, $/$, and $=$ more frequently. This increased use may be attributed to the prominent place these symbols hold in the sixth-grade curriculum and their relevance to the mathematical modeling scenarios used in this study. This result aligns with findings by Akgün et al. (2013), who reported that students tend to use symbols they have previously learned more often. The second finding is that students, albeit to a limited extent, used the abbreviation/symbol "AA," which they had not formally learned before. This result supports the conclusions of Cheng (2001) and Olkun & Uçar (2007), who noted that mathematical modeling activities reinforce students' ability to use familiar symbols correctly and to explore new ones. Thus, using varied mathematical modeling scenarios in math lessons is recommended to help students reinforce known symbols, discover new ones, and deepen their understanding.

In terms of operations theme, it was observed that students performed addition with decimal numbers accurately during the mathematical modeling activities. This outcome was expected. However, some students also developed unique strategies for these operations, which they successfully applied. This observation is consistent with the findings of Borromeo Ferri (2010) and Kal (2013), which showed that mathematical modeling activities provide students with opportunities to apply known operations while developing and using new strategies.

Regarding mathematical concepts and rules theme, three findings emerged. First, as with the themes of symbols and operations, students effectively used concepts and rules they had previously learned when constructing their mathematical models. This finding is consistent with prior research on mathematical modeling processes, which has shown that students effectively apply previously learned concepts and rules in these contexts (Blum & Borromeo Ferri, 2009; Karalı, 2013).

The second aspect is their ability to correctly apply concepts and rules, such as probability, negative integers, and arithmetic mean, which they had not previously learned and will encounter in later periods and/or grade levels. This finding aligns with results from research on mathematical modeling applications, where students have been found to utilize new concepts and rules correctly (Borromeo Ferri, 2010; Kal, 2013).

The third aspect is that students have used concepts they learned in other subjects and/or in daily life as mathematical variables. It has been observed that students accurately and effectively applied concepts related to other disciplines or daily life, such as friction, fatigue, punishment, experience, and so on, in contexts unrelated to mathematics. This supports the objective of the Secondary School Mathematics Curriculum to establish connections between mathematics and other subjects (Ministry of National Education, 2018). From this, it can be inferred that mathematical modeling activities contribute to students' ability to establish connections between mathematics and concepts from other subjects and daily life. This aligns with findings by Özkaya et al. (2023) and Muşlu and Çiltaş (2016), which indicate that mathematical modeling activities provide students with opportunities to connect mathematics with various fields. Interdisciplinary projects and activities that promote connections between mathematics and other subjects through mathematical modeling could be recommended. Mathematical modeling applications could also be suggested for learning both specific concepts and broader topics, as well as for developing thinking skills. Mathematical modeling activities could help students develop the ability to generate new mathematical concepts and rules.

Mathematical modeling activities contribute to the application and emergence of previously learned and new concepts and rules in the categories of symbols and operations related to mathematics. The view put forth by Geiger et al. (2022) that mathematical modeling applications should be used not for the learning of specific concepts and topics, but for the learning of broader topics and the development of thinking skills, aligns with this result.

In conclusion, it is believed that mathematical modeling applications provide students with the opportunity to use and apply the symbols, operations, concepts, and rules they have learned in mathematics. Additionally, these applications are expected to enhance students' ability to establish connections between mathematics and other disciplines, as well as offer opportunities for creating new concepts. This outcome is consistent with the findings in the literature, which suggest that mathematical modeling will positively contribute to understanding and applying concepts that will be learned in later years (Blum & Borromeo Ferri, 2009; Karalı, 2013; Kutluca & Kaya, 2023).

It is recommended that mathematical modeling applications that allow for generalization be selected, and more time should be allocated for working on them. Such applications are thought to not only facilitate students' ability to generalize but also provide them with opportunities to connect mathematics with other subjects and concepts from daily

life. Therefore, it is suggested that mathematical modeling applications be used at least once a month in lessons.

CONFLICT OF INTEREST STATEMENT

The authors declare that there is no conflict of interest in this study.

RESEARCH AND PUBLICATION ETHICS STATEMENT

The authors declare that research and publication ethics are followed in this study.

The necessary permission to conduct the study was obtained from Social and Human Sciences Research and Publication Ethics Committee of Erzincan University (29.03.2018/01/13)

AUTHOR LIABILITY STATEMENT

The authors declare that the "Conceptual Framework, Method Design, Research, Post Draft, Visualization" part of this work was done by Uğur YILDIRIM, "Post Draft, Review and Editing" part of this work was done by Prof. Dr. Mehmet BEKDEMİR.



Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi
Cilt 9, Sayı 3, 422 - 462

<https://doi.org/10.29250/sead.1508427>

Received: 01.07.2024

Article Type: Research

Accepted: 27.10.2024

Matematiksel Modelleme Uygulamalarında Ortaokul Öğrencilerinin Sembol, İşlem, Kavram ve Kuralları Kullanma Becerilerinin İncelenmesi

Uğur YILDIRIM, Milli Eğitim Bakanlığı, ugryldrm263@gmail.com, 0000-0001-8437-6272

Prof. Dr. Mehmet BEKDEMİR, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, mbekdemir@erzincan.edu.tr,
0000-0003-1884-2938

Özet: Bu çalışma, altıncı sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme süreçlerinde kullandıkları sembollerin, işlemlerin, kuralların ve genellemelerin incelenmesini amaçlamaktadır. Öğretim Deneyi yöntemi kullanılarak veriler öğrenci çalışma kağıtları ve video kayıtları ile toplanmıştır. Analizler, öğrencilerin +, =, / gibi daha önce öğrendikleri sembolleri doğru bir şekilde kullandıklarını, yeni semboller keşfettiklerini ve modelleme sırasında kendi stratejilerini uyguladıklarını göstermiştir. Matematiksel modelleme etkinlikleri, öğrencilerin disiplinler arası bağlantılar kurmalarına ve kavramları günlük yaşamla ilişkilendirmelerine yardımcı olmuştur. Öğrenciler, daha önce öğrendikleri kavramları doğru bir şekilde kullanmış ve yeni kavramlar keşfetmişlerdir, ancak genelleme yapabilmek için daha fazla zamana ve uygulamaya ihtiyaç duydukları belirlenmiştir. Çalışma, matematiksel modelleme etkinliklerinin sık ve çeşitli konularla uygulanmasının önemini vurgulamaktadır.

Anahtar Sözcükler: Matematik, Matematik eğitimi, Matematiksel modelleme

* Bu çalışma Yüksek Öğretim Kurulu Başkanlığı Tez Merkezinde 573242 numaralı "Altıncı sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme becerilerinin incelenmesi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Künyesi: Yıldırım, U. & Bekdemir, M. (2024). An investigation into secondary school students' skills in using symbols, operations, concepts and rules in mathematical modeling applications, Matematiksel modelleme uygulamalarında ortaokul öğrencilerinin sembol, işlem, kavram ve kuralları kullanma becerilerinin incelenmesi. *The Journal of Limitless Education and Research*, *Sınırsız Eğitim ve Araştırma Dergisi*, 9(3), 422 - 462. <https://doi.org/10.29250/sead.1508427>

1. Giriş

Günümüzde eğitimin temel amacı; iş birliği yapabilen, sürekli öğrenmeye devam eden, edindikleri bilgileri uygulamaya koyabilen, sorgulayıcı ve eleştirel düşünen, özgün öğrenmeyi sürdüren ve yaratıcı düşünebilen bireyleri yetiştirmektir. Bu hedeflere ulaşmak amacıyla, dünya genelinde olduğu gibi Türkiye'de de eğitim ve öğretim programları düzenli olarak güncellenmektedir. Özellikle 2005 yılından itibaren, ortaokul ve lise matematik öğretim programlarında, günlük yaşam senaryolarını içeren durum/problemlere daha fazla önem verilerek iş birliği yapan, sorgulayan, yaratıcı düşünen ve kendi kendine öğrenen öğrenciler yetiştirmek için modern öğretim yaklaşımlarına büyük bir vurgu yapılmaktadır. Bu modern yaklaşımlardan biri de matematiksel modellemedir. Buna paralel olarak uluslararası ve ulusal alanlarda matematiksel modellemenin tüm eğitim kademelerinde kullanımı ve önemi artmaktadır (Czocher, 2017; Çakmak Gürel & Bekdemir, 2022; Greefrath & Vorhölter, 2016 Schleicher, 2007). Bu bağlamda, matematiksel modellemenin Türkiye, Amerika ve Almanya gibi birçok ülkenin ulusal müfredatlarına ulusal bir beceri veya yetkinlik olarak eklenmiş olması dikkat çekmektedir (Blomhøj & Kjeldsen, 2006; Milli Eğitim Bakanlığı, 2013).

Matematiksel modelleme becerilerini geliştirme isteği, bu tür modern matematik uygulamalarının sunduğu çeşitli avantajlardan kaynaklanmaktadır (Sokolowski, 2015). Birinci olarak modelleme becerileri, farklı yaşam alanlarıyla farklı disiplinleri (STEM) birleştirmeyi kolaylaştırmaktadır. İkinci olarak matematiksel modelleme yalnızca matematik öğrenimini iyileştirmeye yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda öğrencilere matematiksel düşünme becerilerini geliştirme, daha etkili problem çözme yetenekleri kazanma ve matematiğe olumlu bir tutum geliştirme fırsatı sunar (Blum & Borromeo Ferri, 2009; Manouchehri ve diğerleri, 2020).

Matematiksel modellemenin bu yararlarına rağmen alan araştırmaları sınıf uygulamalarının gerçekleştirilmesi matematiksel modelleme doğasının karışık olmasından dolayı beklenildiği kadar kolay olmadığını göstermektedir. Çünkü matematiksel modelleme süreci; anlama, basitleştirme, kabullerde bulunabilme, matematikselleştirme, matematiksel olarak çalışabilme, matematiksel sonuçları yorumlama, gerçek sonuçlara ulaşabilme, bu gerçek sonuçları yorumlayabilme, sunma ve tartışma yapabilme gibi birçok becerilerle bağlantılıdır (Solar ve diğerleri, 2022). Bu Matematiksel modelleme uygulamalarının etkinliğini artırmak için, süreçlerinin detaylı bir şekilde incelenmesi büyük önem taşır. Buna göre öncelikle matematiksel modelleme sürecinin başlangıç ve temeli olan öğrencilerin Matematiksel Modelleme

süreçlerinde hangi varsayımları kabul ettikleri, hangi matematiksel kavramları, sembolleri, kuramları, işlemleri ve genellemeleri kullandıkları ve nedenlerinin ortaya konulması önemlidir. Bu durumun özellikle bu konudaki çalışmaların sınırlı olduğu ve birçok kavram ve genellemelerin ilk defa öğrenildiği ortaokul düzeyinde yapılması matematiksel modellemenin sınıf uygulamaları etkinliğine katkı sağlayacağı düşünülmektedir (Çakmak Gürel & Bekdemir, 2022).

Bu çalışmada altıncı sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme süreçlerinde kullandıkları sembollerin, işlemlerin, kuralların ve genellemelerin ve bunların tercih nedenlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaçla aşağıdaki iki alt probleme cevap aranmıştır.

1. Matematiksel modelleme süreçlerinde öğrencilerin kullandıkları sembol, işlem, kavram, kural ve genellemeler nelerdir?
2. Matematiksel modelleme süreçlerinde öğrencilerin kullandıkları sembol, işlem, kavram, kural ve genellemeleri tercih etme nedenleri nelerdir?

1.1. Alanyazın Özeti

Alanyazında matematiksel modellemenin bir süreç olarak ve matematiksel modelin ise bir ürün olarak görüldüğü konusunda genel bir fikir birliği vardır (Anhalt & Cortez, 2016). Yine de bu kavramlar alanyazında detaylı ve farklı olarak tanımlanmışlardır.

Matematiksel model; Cobb ve diğerleri (2003) tarafından bilinmeyen bir sistemi daha önce bilinen veya tanıdık bir sistemle benzeşim oluşturma çabası olarak tanımlanırken, Lesh ve Doerr (2003) tarafından da öğrencilerin kavramsal sistemlerine ek olarak bu sistemlerin dışsal sembolik gösterimlerini (örneğin, Öğrencilerin fikirleri, temsilleri, kuralları ve materyalleri) içeren bir yapı olarak tanımlanmıştır. Bu nedenle model gerçek yaşam durumlarının tümünü değil sadece bazı yönlerini temsil eden bir araç olarak düşünülebilir (Greefrath & Vorhölter, 2016). Buradan hareketle matematiksel model ise gerçek dünyayı matematiksel ifadelerle temsil eden bir araç olarak tanımlanabilir (Manouchehri ve diğerleri, 2020). Benzer şekilde Pollak (2003) tarafından matematiksel model gerçek dünyadaki durumun idealize edilmiş matematiksel bir temsili olarak tanımlanmış ve bu temsilin matematiksel bir formüle dönüştürülmesini içerdiği ifade edilmiştir. Bu tanımların ortak özelliği, bir olayı veya gerçek dünyadaki bir durumu anlamlandırmak için matematiksel bir temsilin kullanılmasına odaklanmaktır (Stillman ve diğerleri, 2020; Tropper ve diğerleri, 2015; Vorhölter ve diğerleri, 2019).

Matematiksel modelleme ise, alanyazında yaygın olarak, gerçek yaşam durumlarını veya sorunları matematiksel temsile dönüştürüldüğü, temsili bir sistem içinde çözüldüğü ve çözümleri tekrar gerçek yaşam içinde test edildiği döngüsel bir süreç olarak ifade edilmektedir (Czocher, 2017;). Pollak (2003) tarafından matematiksel modelleme yaratma, uygulama, düzenleme ve doğrulama süreci olarak tanımlanır. Blum ve Leiß (2007) tarafından "Gerçek Durum," "Durum Modeli," "Gerçek Model," "Matematiksel Model," "Matematiksel Sonuçlar" ve "Gerçek Sonuçlar." şeklinde altı basamakta tanımlanmıştır. Bu süreç, verilen gerçek yaşam durumuyla ilgili değişkenleri, ilişkileri veya tahminleri tanımlamayı, matematikselleştirme yapmayı, matematiksel sonuçları gerçek dünya durumunda yorumlamayı ve doğrulamayı içerir (Anhalt & Cortez, 2016; Aydın & Derin, 2020; Çakmak Gürel & Bekdemir, 2022).

Bu süreçte modelleyici, durumu/problemi anlama amacıyla çalışır ve bu çaba bir durum modelinin oluşturulmasına yol açar. Durumu basitleştirme ve yapılandırma aşamasında modelleyici koşulları ve değişkenleri tanımlama, açıklama veya belirtme ve durumla ilgili kendi alt problemlerini ifade eder. Matematiksel modelin oluşturulmasında, basitleştirilen durumu ilgili matematiksel araçları veya gösterimleri kullanarak temsil eder. Daha sonra matematiksel analiz yaparak, matematiksel sonuçları yorumlayarak gerçek sonuçlara ulaşma amacı güder. Bu matematiksel modeller daha sonra modelleyici tarafından durum modeli ile karşılaştırarak kontrol edilir ve doğrulanır. Eğer elde edilen sonuçlar yeterli veya doğru değilse, yeni bir döngüsel çalışma başlatılarak model revizyonu yapılır. Son olarak modelleyici, elde ettiği son modeli arkadaşlarıyla paylaşır (Czocher, 2018). Matematiksel modelleme süreci uygulamada buradaki anlatıldığı kadar basit değildir. Alanyazın incelendiğinde öğrenci ve öğretmen açısından oldukça karmaşık bir süreçtir ve bu sürecin öğrenilmesi ve öğretilmesi birçok zorluk içermektedir (Durandt & Lautenbach, 2020; Tropper ve diğerleri, 2015).

Buna paralel olarak ulusal ve uluslararası alanyazında matematiksel modelleme süreç döngüsü üzerindeki öğrencilerin bilişsel davranışları ve yetkinlikleri ve öğretmenlerin bu süreçte bunları nasıl rehberlik yapacağı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır (Blum & Borromeo Ferri, 2009; Çakmak Gürel, 2018; NCTM, 2014).

Yapılan araştırmalar, öğrencilerin ve öğretmenlerin matematiksel modelleme döngüsünün adımlarında eksiklikler ve zorluklar yaşadıklarını göstermektedir (Abel ve diğerleri, 2020; Biccara, 2024; Frejd & Vos, 2024). Öğrenciler varsayımları ifade etmede, modellemeyi günlük yaşamla ilişkilendirmede, bir matematiksel modeli ortaya çıkarmada, matematiksel

sonuçları yorumlama veya doğrulamada ve modeli gerçek hayatta test etme ile ilgili zorluklar yaşamaktadır (Gürbüz & Çalik, 2021; Maass, 2006; Rosa & Orey, 2015; Widjaja, 2013).

Öğretmenlerin bazıları ise matematiksel modelin gerçek hayat senaryolarının matematiksel temsili olduğunu düşünmedikleri veya yanlış bir şekilde matematiksel modelin küpün üç boyutlu gösterimi gibi fiziksel bir model olduğuna inanmaktadırlar (Stillman ve diğerleri, 2017). Ayrıca, matematiksel modelin, gerçek dünya durumunun matematiksel bir temsili olduğu fikrini anlamada zorluk yaşayan öğretmenler de bulunmaktadır (Carreira & Baioa, 2018; Geiger & Frejd, 2015;).

Öğrencilerin yaşadıkları bu zorluklara rağmen bu konuda yapılan araştırmalar tüm eğitim seviyelerinde matematiksel modelleme uygulamalarının öğrencilerin yorumlama ve düşünme yeteneklerini artırdığı, ezberci eğitimin olumsuz etkilerini azalttığını göstermektedir. Aynı zamanda öğrencilerin grupla çalışma becerilerine katkı sağladığı, okuma anlama ve kavrama yeteneklerini artırdığı ve gerçek yaşamla matematik arasında ilişki kurmasını artırdığı ve matematiğe karşı olumlu tutum geliştirmesine katkıda bulunduğunu ortaya koymaktadır (Kaiser, 2020; Niss ve diğerleri, 2007).

Öğrencilere matematiksel modellemenin birçok alanda katkısının olmasından dolayı yoğun olarak üniversite ve lise düzeyindeki öğrenciler üzerine olan araştırmalar ortaokul ve ilköğretim seviyesine doğru inmeye başlanmıştır (Manouchehri ve diğerleri, 2020). Bu yüzden özellikle Türkiye’de ilköğretim düzeyinde öğrencilerin matematiksel modelleme süreçlerindeki her basamaktaki beceri ve yeterliklerinin ortaya konulması özellikle rehberlik yapacak olan öğretmenler açısından önemlidir. Özellikle ilköğretim öğrencilerinin matematiksel modelleme sürecinde kullandıkları matematiksel semboller, işlemler, kurallar ve genellemelerin neler olduğunun ve bunları niçin tercih ettiklerini ortaya konulması önemlidir (Cirillo ve diğerleri, 2016).

2. Yöntem

Araştırmanın odak noktası, ortaokul öğrencilerinin ürettikleri matematiksel modellerin içeriğinin belirlenmesi ve bu süreçte matematik bilgi ve becerilerinin değerlendirilmesi olduğundan araştırmada Öğretim Deneyi (Teaching Experiment) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem öğrencilerin matematiksel öğrenme ve mantıksal düşünme yeteneklerini birinci elden anlamak için kullanılan bir öğretim ve araştırma yöntemi olarak kabul edilir. Süreçte öğrencilerin değişim ve gelişimlerini küçük bileşenler halinde inceleyerek araştırmacılara öğrencilerin matematiksel öğrenme deneyimlerini doğrudan gözlemlene ve tecrübe etme fırsatı sunar. Bu

yöntemin matematik eğitimi alanında öğrencilerin gelişimini daha derinlemesine anlamak ve öğretim yöntemlerini geliştirmek amacıyla kullanıldığı söylenebilir (Steffe & Olive, 2010; Steffe & Thompson, 2000).

Bu araştırmada da öğrencilerin bilgi ve yeteneklerini farklı matematiksel modelleme etkinlikleri süreçlerinde doğrudan gözlemlemek ve ortaya koymak olduğundan bu yöntem tercih edilmiştir. Ortaokul öğrencilerine, bir şehire ait 2013-2018 yılları arasındaki aylara göre ortalama hava sıcaklıklarını gösteren ve 1980-2016 yılları arasındaki olimpiyat atletizm 100 m kadın-erkek koşu sonuçlarını gösteren tablolar verilmiştir. Bu tabloları kullanarak sırasıyla bir sonraki yapılacak olimpiyatlarda 100 m erkek ve kadın sporcular, koşu sürelerini ve ülkelerinin tahmin edilmesi ve bir sonraki yılda aylara göre ortalama hava sıcaklıklarının tahmin edilmesi istenmiştir. Bu matematiksel modelleme süreçlerinde öğrencilerin kullandıkları sembol, işlem, kavram, kural ve genelleme yeteneklerini ortaya koymak amaçlanmıştır.

Matematiksel modelleme uygulama süreçlerinde öğrenciler grup halinde çalışmışlar ve öğretmen tarafından öğrencilere direkt bilgi verilmemeye ve yönlendirme yapılmamaya çalışılmıştır. Bunun yerine gruptaki öğrenciler kendi ve arkadaşlarının bilgi ve deneyimleriyle matematiksel modeller kullanarak tahminler oluşturmuşlardır. Oluşturdukları matematiksel model ve tahminleri tüm sınıf arkadaşlarına sunmuşlar ve sınıftaki diğer öğrenciler ile kendi model ve tahminlerini tartışmışlardır. Böylece hem grup çalışmalarında hem de sınıf sunumlarında öğrencilerin kullandıkları matematiksel modelleme süreçlerindeki kullandıkları sembol, işlem kavram kural ve genellemeleri birinci elden gözlemleme ve değerlendirme şansını elde edilmiştir.

2.1. Çalışma Grubu

Araştırmanın katılımcıları, 2018-2019 eğitim-öğretim yılında Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan ve nüfus açısından büyük bir ilin merkeze yakın bir ilçesindeki bir ortaokulunda altıncı sınıfta eğitim gören 22 (10'u kız, 12'si) öğrenciden oluşmaktadır. Örneklem yöntemi olarak kolay ulaşılabilir örneklem yöntemi (Yıldırım & Şimşek, 2013) kullanılmıştır. Çünkü araştırmacı ve aynı zamanda uygulamacı olan öğretmen görev yaptığı kendi okulundaki olan bir altıncı sınıfı tercih etmiştir. Bu öğrencilerin tercih edilmesinin nedenlerinden bir tanesi de akademik başarılarının yüksek olmasıdır. Bu başarılı öğrencilerin tercih edilme nedeni, özellikle ortaokul seviyesinde matematiksel modelleme süreçlerinde daha fazla ve net bir şekilde öğrencilerin kullandıkları sembol, işlem, kavram, kural ve genellemelerin ortaya çıkarılmasıdır. Ortaokullarda matematiksel modelleme ve/ya grupla çalışma hemen hemen hiç yapılmadığından katılımcıların

matematiksel modelleme etkinliği ile ilgili çalışma öncesinde herhangi bir deneyimi bulunmamaktadır.

Katılımcı öğrencilerin matematiksel modelleme uygulaması anına kadar öğrendikleri konu ve semboller kısaca şöyle özetlenebilir. Öğrenciler beşinci sınıfta doğal sayılar ve işlemler, kesirlerde toplama ve çıkarma işlemi, ondalık gösterimler, temel geometrik kavramlar, üçgen ve dörtgenler, uzunluk ve zaman ölçme, dikdörtgenin alanı, dikdörtgen prizmasını tanımlar temel elemanlarını belirler, veri toplamayı gerektiren araştırma sorusu oluşturur, sıklık ve sütun grafiği oluşturur ve yorumlar şeklinde konuları öğrenmişlerdir. Altıncı sınıfta ise uygulamanın başlangıç ve bitiş aşamasına kadar doğal sayılarda dört işlemler, çarpanlar ve katlar (kat, bölen, asal sayı, ortak bölen, ortak kat), kümeler şeklindeki konuları öğrenmişlerdir. Ayrıca +, =, ×, ÷, %, //, AB, [AB], |AB|, dm, dam, hm, cm², m² gibi sembolleri öğrenmişlerdir.

2.2. Veri Toplama

Bu çalışma kapsamında veriler öğrencilerin çalışma kağıtları, video kayıtları ve bu videoların metin formatına dönüştürülmesi yoluyla toplanmıştır.

Bu araştırmanın uygulama aşamasında öğrencilerin sınıf içi grup çalışmaları sonucunda ürettiği öğrenci çalışma kağıtları, dersin sonunda araştırmacı tarafından öğrencilere isimleri yazdırılarak toplanmış ve saklanmıştır. Bu öğrenci çalışma kağıtları daha sonra çalışmanın alt problemlerine uygun olarak analiz edilmek için kullanılmıştır.

Ayrıca bu süreçte grup çalışmaları ve oluşturulan modellerin sınıf içi paylaşımlarının video kayıtları alınmış ve sonra da bu video kayıtları yazılı metin haline getirilmiştir. Bu yazılı metinlerin doğruluğu videolarla birkaç kez dinlenerek teyit edilmiştir. Bu süreçte metinlerde gürültüden anlaşılmayan birkaç kelime düzeltilmiştir. Bu yazılı metinlerde öğrenci çalışma kağıtlarıyla beraber analiz edilmiştir.

2.3. Verilerin Analizi

Öğrencilerin çalışma kağıtlarında ve videoların çözümlerinden elde edilen veriler içerik analizine tabi tutulmuştur. İçerik analizinin temel amacı, toplanan verileri açıklayıcı kavramlar veya ilişkiler çerçevesinde sistematik bir şekilde incelemektir. Bu amaç doğrultusunda, öncelikle verilerdeki kelime veya cümleye uygun kodlar atanır. Bu kodlar daha sonra kavramsal olarak sınıflandırılarak temalar oluşturulur. Son olarak, benzer verilerdeki benzer kodlar aynı temalar altında toplanarak okuyucunun anlayacağı şekilde sistematik olarak yorumlanır (Yıldırım & Şimşek, 2013).

Alt problemlere paralel olarak, öğrencilerin modelleme sürecinde kullandıkları matematiksel semboller, işlemler, kavramlar, kurallar ve genellemelerin tespiti amacıyla veriler, çalışma kâğıtları ve video kayıtlarından elde edildikten sonra analiz edilmiştir. Analiz aşamasında, ilk olarak öğrencilerin matematiksel sembollerini veya kendi yarattıkları semboller, şekiller veya ifadeleri kod olarak dönüştürülmüş ve bu kodlar daha sonra "Semboller" teması altında gruplanmıştır. Aynı şekilde, öğrencilerin matematiksel işlemleri kullanmaları ve kendi düşüncelerine uygun bir şekilde gerçekleştirmeleri durumunda her bir işlem kodlanmış bu kodlar daha sonra "İşlemler" tema başlığı altında birleştirilmiştir.

Öğrencilerin oluşturdukları modeli etkileyebilecek "Matematiksel Kavramlar ve Kurallar" teması altında ya da matematiksel olarak ifade edilmeyen tüm değişkenler, kavramlar veya kurallar da kodlama sürecine dahil edilmiş ve bu öğeler "Matematiksel Olmayan Kavramlar ve Kurallar" tema başlığı altında Tablo 1 de gösterildiği gibi gruplandırılmıştır.

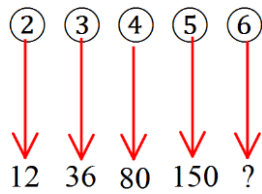
Kodlar oluşturulurken öncelikle o sınıf düzeyindeki matematik öğretim programında veya kitaplarda yer alan sembol, işlem ve kurallar üzerine odaklanmıştır. Fakat verilerde ortaya çıkan o sınıf düzeyinde olmayan fakat öğrenciler tarafından kullanılan sembol, işlem ve kuralların da dikkate alınmasına karar verilmiştir. Örneğin, bazı öğrenciler aritmetik ortalama için "AO" kısaltmasını kullandığı görülmüştür. Aritmetik ortalama ve AO kısaltması bu sınıf düzeyinin üzerinde olmasına rağmen öğrenciler doğru bir şekilde kullandıkları tespit edilmiştir. Son olarak da semboller kategorisinde matematikle direkt ilgisi olmayan gösterimlerin de dahil edilmesine karar verilmiştir.

Geçerliliği ve güvenilirliği sağlamak amacıyla araştırmacı tarafından ortaya konulan kod ve temalar bir matematik eğitimi alanını uzmanı tarafından incelenmiş ve araştırmacıyla bu kod ve temalar üzerinde görüş birliğine varmışlardır. Daha sonra araştırmacı elde edilen verileri bu kod ve temaları dikkate alarak verileri tekrar gözden geçirerek tablolastırmıştır. Ayrıca matematik eğitimi uzmanı da bu kod ve temaları dikkate alarak öğrencilerin çalışma kâğıtlarını yeniden incelemiş ve tablo oluşturmuştur. Kodlayıcılar arasındaki güvenilirliği değerlendirmek için araştırmacı ve matematik eğitimi uzmanının sonuçları karşılaştırıldığında, % 87'lik bir örtüşme oranı tespit edilmiştir. Bu oran, toplam kategori sayısına oranlanarak hesaplanmıştır (1 - [5 farklı kod / 41 toplam kategori]). Miles & Huberman (1994) tarafından önerilen % 70'in üzerindeki kabul edilebilir eşleşme sınırını aşmaktadır, bu da kodlayıcılar arasındaki güvenirliliğin yeterli olduğunu göstermektedir.

Araştırmanın “matematiksel modelleme süreçlerinde öğrencilerin kullandıkları sembol, işlem, kavram, kural ve genellemeleri tercih etme nedenleri nelerdir?” şeklindeki ikinci alt problem için çalışma grubundan elde edilen çalışma kağıtları ve çalışma grubunun yapmış olduğu sınıf tartışma video dökümleri ve ortaokul matematik öğretim programı birinci alt problemde oluşturulan temalara göre betimsel analize tabii tutulmuştur.

2.4. Çalışmanın Uygulanması

Matematiksel modelleme etkinliklerine başlamadan önce öğrencilerin dikkatini çekme ve ortam ve arkadaşlarına alışmaları (Lesh & Doerr, 2003) için “Isınma Problemleri” yapılmıştır. Örneğin birinci modelleme etkinliğinden önce Isınma Problemi şu şekildedir:



Yukarıdaki ifadeye göre 6. adımda ‘?’ yerine hangi sayının gelmesi doğru olacaktır?

Bu problem, öğrencilere bireysel olarak veya grup halinde düşünmeleri ve cevap vermeleri için sorulmuştur. Öğrenciler, problemin üzerine düşünerek çeşitli çözüm önerileri sunmuşlardır. Sunulan çözümlerden bazılarını sınıf içerisinde itirazlar olmuş, bu itirazlar tartışılarak ortak karara varmışlardır. Isınma Problemlerinden sonra matematiksel modelleme uygulamalarına geçilmiştir.

Matematiksel modelleme uygulaması için daha önceden de bahsedildiği gibi iki farklı matematiksel modelleme uygulaması seçilmiştir. İlk uygulama hava sıcaklığını tahmin etme uygulamasıdır. Bu uygulamada kullanılan tabloda uygulamanın yapıldığı şehrin 2013-2018 yıllarına ait aylık hava sıcaklık ortalamaları verilmiştir. Bu tabloyu kullanarak gelecek yıldaki o şehrin aylara göre ortalama sıcaklıklarını tahmin edilmesi istenmiştir. Bu uygulama, matematiksel modelleme ile ilgili daha önceden hiç uygulama yapmayan öğrencilerin matematiksel modelleme uygulamasını deneyimlemesi amaçlanmıştır. Bu uygulamada veri elde etmenin yanından öğrencilerin matematiksel modelleme süreçlerini de deneyimlemesi amaçlanmıştır.

İkinci matematiksel modelleme uygulamasında öğrencilere, 1980-2016 yılları arasındaki olimpiyat atletizm 100 m kadın ve erkek koşu sonuçları tablosu verilmiş ve bunu kullanarak bir sonraki olimpiyatlarda dereceye girecek 100 m erkek ve kadın sporcuları, koşu sürelerini ve

ülkelerini tahmin etmeleri istenmiştir. Bu uygulama sürecinde öğrencilere olimpiyat koşu yarışları ve sonuçlarıyla ilgili internet ve diğer kaynaklardan araştırma yapma ve geçmiş olimpiyatlardaki erkek ve kadın 100 m koşu yarışlarının videolarını izleme fırsatı verilmiştir. Bu süreçte öğrenciler atletizm, olimpiyat ve olimpiyat yarışları ile ilgili bazı yeni kavramları gözlemlene ve öğrenme şansı elde etmişlerdir. Örneğin, öğrenciler videoları izlerken koşucuların vücut hareketlerine (kafasını yere eğmesi, kafasını dik tutması, kollarını açması, adımlarını atması gibi) konularda yorumlar yapmışlardır. Videolar izlendikten sonra öğrencilerin kendi isteklerine göre 4-5 kişilik gruplara ayrılmışlardır. Her bir gruba son 10 olimpiyat yarışlarının 100 m Kadın ve Erkek koşularında ilk üç dereceye giren sporcuları, skorlarını ve ülkelerini gösteren tablo verilmiştir. Her bir gruptan bu tablodaki skor ve ülkeleri inceleyerek gelecek bir sonraki olimpiyat için skor ve ülke tahmini yapmaları istenmiştir. Öğrenciler bu tabloları öncelikle incelemişler, skor ve ülkelerin üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Bu süreçte öğrenciler ortaya koydukları fikirleri de diğer arkadaşlarını ikna etme çabası içinde bulunmuşlardır. Her bir grup matematiksel modellerini yaptıkları matematiksel işlemleri, elde ettikleri matematiksel sonuçları ve eğer varsa genellemeleri ürettikleri çalışma kağıtlarına aktarmışlardır. Gruplar çalışmalarını bitirdikten sonra her grup çalışma sonuçlarını diğer arkadaşlarına sunmuşlardır. Bu sunum sırasında diğer öğrenciler sunu yapan gruba sorular sormuş sonuç veya modeller üzerine tartışmalar yapmışlardır. Tüm gruplar sunumlarını yaptıktan sonra uygulama bitmiştir. Bu uygulama süreci üç hafta toplam 12 ders saati sürmüştür.

Çalışmada öğretmen hem uygulayıcı hem de sınıfın matematik öğretmenidir. Uygulama sürecinde öğretmen öğrencilere direkt bilgi vermekten kaçınmış, sadece öğrencilerin buldukları sonuç veya modeller hakkında neden, niçin tarzında sorgulama geliştirmeye yönelik sorular sormuştur. Bu iki “Hava Durumu” ve “Olimpiyat Sonuçları” uygulamalarında kullanılan tablolar araştırmacı tarafından gerçek verilerden oluşturulmuştur. Araştırmacı tarafından hazırlanan uygulamamda kullanılacak bu tablolar ve verileri matematik eğitimi ve matematiksel modelleme deneyimi olan alan uzmanı tarafından incelenmiş olimpiyat sonuçları tablosun sadece birinci olan koşucunun değil ikinci ve üçüncü olan koşucularının da bilgilerinin eklenmesi önerilmiştir. Bu önerilere göre tablo yeniden düzenlenmiştir.

3. Bulgular

Araştırmanın “Modelleme sürecinde verilen matematiksel modelleme durumu veya problemleri matematikselleştirirken hangi matematiksel sembol, işlem, kavram, kural ve genellemeleri Kullanmışlardır?” şeklindeki birinci alt problem için çalışma grubundan elde edilen

çalışma kağıtları ve çalışma grubunun yapmış olduğu sınıf tartışma video dökümanlarının içerik analizi ile birinci ve ikinci matematiksel modelleme uygulamalarına göre ayrı ayrı analiz edilmiştir. Analiz sonucundan birinci ve ikinci uygulamadan elde edilen “Semboller”, “İşlemler”, “Kavramlar ve Kurallar” ın tema, kod, frekans ve yüzdeleri sırasıyla Tablo1 ve Tablo 2’ de gösterilmiştir.

Tablo 1

Birinci matematiksel modelleme uygulamasındaki sembollerin, işlemlerin, kavram ve kuralların tema, kod, frekans ve yüzdeleri

Tema	Kod	Frekans	%
Sembol	A.O	2	15
	=	4	30
	/	2	15
	+	2	15
	-	3	25
	Toplam		100
İşlem	Toplama	3	30
	Çıkarma	1	10
	Aritmetik Ortalama	2	20
	Ondalıklı ifadelerde toplama	1	10
	Ondalıklı ifadelerde bölme	3	30
	Toplam		100
Matematiksel Olmayan Kavram ve Kural	Küresel ısınma	1	100
	Toplam		100
Matematiksel olan Kavram ve Kural	Örüntü	1	50
	Aritmetik ortalama	1	50
	Toplam		100

Tablo 1’e göre birinci matematiksel modelleme uygulamasında, araştırmanın öğrencileri, farklı beş sembolü (toplamda 13 kez), beş farklı işlemi (10 kez) ve dört ayrı kavramı veya kuralı kullanmıştır. Matematiksel olmayan kavram kuralda küresel ısınma bir kez kullanılmıştır. Bu duruma örnek bir grup öğrencinin “Küresel ısınmanın etkisi ile yıllar geçtikçe sıcaklık değerleri artacaktır...” şeklindeki ifadesidir.

Tablo 2

İkinci matematiksel modelleme uygulamasındaki sembollerin, işlemlerin, kavram ve kuralların tema, kod, frekans ve yüzdeleri

Tema	Kod	Frekans	%
Sembol	=	4	25
	AO	2	13
	/	4	25
	+	4	25
	-	2	12
	Toplam		100

İşlem	Toplama	2	22
	Tam sayılarda toplama işlemi	1	12
	Aritmetik Ortalama	2	22
	Ondalık ifadelerde toplama	2	22
	Ondalık ifadelerde bölme	2	22
		Toplam	100
Matematiksel Olmayan Kavram ve Kurallar	Dünya rekoru	1	7
	Yorgunluk	1	7
	Ceza (Etik)	1	7
	Rüzgâr	1	7
	Teknoloji	1	7
	Genç- Yaşlı	4	29
	Sürtünme	1	7
	Deneyim/ Tecrübe	4	29
		Toplam	100
Matematiksel Olan Kavram ve kurallar	Derecelendirme ve sıralama	4	13
	Örüntü	4	13
	Aritmetik Ortalama	5	17
	Yaş	4	13
	Frekans	2	8
	Büüklük	1	3
	Küçüklük	1	3
	Kere/ Kez	1	3
	Artan-Azalan	2	8
	Olasılık	1	3
	En az- En çok	1	3
	Gruplandırma	4	13
			Toplam

Tablo 2' ye göre ikinci matematiksel modelleme uygulamasında ise öğrenciler, beş farklı sembolü (toplamda 16 kez), beş farklı işlemi (9 kez) ve altı matematiksel olmayan kavramı veya kuralı (44 kez) kullanmıştır. Her iki uygulama sürecinde, öğrenciler genelleme yapmamıştır. Sembol temasını incelendiğinde, öğrenciler genellikle daha önce öğrendikleri sembolleri (+, -, / vb.) kullanmışlardır. Tek istisna olarak, aritmetik ortalama ifadesi yerine 'AO' sembolünün kullanılmasıdır.

İşlem temasında ise öğrencilerin büyük çoğunluğu daha önceden öğrendiği toplama işlemi, çıkarma işlemi ve çarpma işlemleri gibi kullanmıştır. Bu işlemleri yaparlarken bazı durumlarda kendi stratejilerini geliştirmişlerdir. Örneğin, Şekil1'de ondalık ifadelerde toplama işlemi yaparlarken, ondalıklı ifadeleri üçerli gruplara ayırmışlar ve her bir gruptaki ondalık ifadeleri kendi içlerinde toplamışlar daha sonra da bu üçerli ondalık toplamaların toplamı olarak hesaplamışlardır.

Bu verilerden matematiksel modelleme uygulamalarında öğrenciler öğrendikleri sembol ve işlemleri doğru bir şekilde kullandıkları ve hatta bu süreçte farklı ve yeni sembol ve işlemlerde kendi stratejilerini geliştirip kullandıkları söylenilebilir.

Handwritten mathematical expressions showing operations with decimals and integers, such as $10,71$, $10,75$, $10,78$, $10,93$, $11,12$, $10,94$, $10,82$, $10,54$, $10,97$, $11,067$, and $102,62$.

Şekil 1. Öğrencilerin işlem tema altında kullandıkları ifadeler

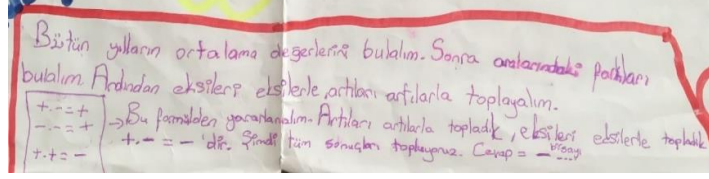
Matematiksel kavram ve kurallar temasında önemli üç temel durum ortaya çıkmaktadır. İlk olarak, öğrenciler tarafından kullanılan matematiksel modellerin sonuçlarını etkileyebilecek ve matematikle doğrudan ilişkili olmayan ancak diğer derslerle ilişkilendirilebilen sürtünme kuvveti, rüzgâr kavramı, dünya rekoru ve tecrübe gibi değişkenlerin kullanılması dikkat çekmektedir. Bu duruma örnek "Ayrıca hocam, yarışmacılar koşu bitirme çizgisine gelene kadar kafalarını yukarı kaldırarak koşuyorlar ki hızlı gidebilsinler. Çizgiyi geçtikten sonra da kafalarını indiriyorlar, bu da sürtünmeden dolayı yavaşlamalarına neden oluyor." şeklindeki sınıf içi tartışmasında bir grup öğrencinin söylediği ifadedir.

İkinci olarak öğrenciler genellikle önceden öğrendiği ve ortaokul matematik dersi öğretim programından edindikleri matematiksel kavram ve kuralları kullanmaktır. Bu duruma örnek olarak ondalıklı ifadelerde bölme işlemi, toplama işlemi, çarpma işlemi gibi konuları başarıyla kullanmışlardır. Şekil 2' deki öğrencilerin yazdıkları bu duruma örnektir.

Handwritten mathematical expression: $102,62 \div 10 = 10,26$

Şekil 2. Öğrencilerin işlem tema altında kullandıkları ifadeler

Üçüncü olarak öğrencilerin bulunduğu sınıf düzeyinin üzerindeki kavram ve kuralları kullanmalarındır. Özellikle negatif tam sayılar, aritmetik ortalama ve olasılık gibi konuları başarıyla kullanmışlardır. Bu duruma Şekil 3' deki öğrencilerin yazdıkları örnektir.



Şekil 3. Öğrencilerin işlem tema altında kullandıkları ifadeler

Bu verilerden matematiksel modelleme uygulamalarında öğrenciler matematik dışında ve matematik dersinde öğrendikleri kavram ve kuralları doğru bir şekilde kullandıkları ve hatta bu süreçte ileri düzeydeki kavram ve kuralları kullandıkları ifade edilebilir.

Tablo 1 ve tablo 2 beraber incelendiğinde öğrenciler ikinci matematiksel modelleme uygulaması olan dünya atletizm 100 m erkek ve kadınlar yarışmalarının etkinliğinde işlemler temasında ve özellikle de kural ve kavramlar temasında daha fazla ve farklı kodlar kullandıkları görülmektedir.

Araştırmanın “matematiksel modelleme süreçlerinde öğrencilerin kullandıkları sembol, işlem, kavram, kural ve genellemeleri tercih etme nedenleri nelerdir?” şeklindeki ikinci alt problemi için betimsel analize tabii tutulmuştur.

“Semboller” temasında yer alan +, -, /, . gibi semboller ortaokul matematik öğretim programında bu sınıf düzeyinde dört işlem olarak yer almaktadır. Fakat kullanılan AO sembolü bu sınıf düzeyi için ortaokul matematik öğretim programında daha sonraki zamanlarda yer almaktadır. Diğer taraftan öğrencilerle yapılan görüşmede öğrenciler + ve - işaretlerini bazen işlem bazen de sıcaklık göstergesi olarak kullandıklarını ifade etmişlerdir. AO sembolünün ise “ortalama” olarak kullandıklarını ifade etmiş, sembolün kullanımına ise hazırbulunuşluklarından ve ders kitaplarını incelemelerinden kaynaklı olduğunu ifade etmişlerdir.

“İşlem” temasında yer alan toplama, çıkarma, çarpma ve bölme gibi işlemler ortaokul matematik öğretim programında bu sınıf düzeyinde pozitif tam sayılara kadar yer almaktadır. Fakat negatif tam sayılarla dört işlem ve aritmetik ortalama bulma işlemi için bu sınıf düzeyi için ortaokul matematik öğretim programında daha sonraki sınıf düzeyi veya zamanlarda yer almaktadır. Diğer taraftan öğrencilerle yapılan görüşmelerde daha önce öğrenmedikleri negatif sayılarla işlemlerde negatif sayıları kendi içinde gruplandırarak topladığını ifade etmişlerdir. Benzer olarak da pozitif tam sayıları kendi içinde gruplandırma yaparak toplamışlardır. Bu toplamlardan yola çıkarak negatif ve pozitif sayılardan hangisinin değeri (mutlak değer) yüksek ise sıcaklığın işaretinin o olacağını ifade etmişlerdir.

“Matematisel olmayan kavram ve kurallar” temasında yer alan küresel ısınma ifadesini kullanma nedenini ise buzulların erimesi, Dünya'nın sera etkisi altında olması, kutup ayılarının yaşam alanlarının azalması ve sıcaklıkların mevsim normallerinin üzerinde seyretmesi gibi belirtilerin küresel ısınmanın varlığını gösterdiğini belirtmiş ayrıca bu durumun hava kirliliğine de neden olduğunu ifade etmişlerdir. Şekil 4' deki öğrencilerin yazdıkları bu duruma örnektir.

2020	ocak	şubat	mart	nisan	mayıs	haziran	temmuz	agustos	eylül	ekim	kasım	aralık
min	-2.0	-2.0	-3	-4.5	-6	-7.7	-7.7	-2.3	-4.3	-7		
max	8	7	7.0	2.1	2.3	3.3	3.3	3.4	3.1	2.8	1.9	1.9

*Dünya küresel ısınma nedeniyle Aralık ayından itibaren minimum sıcaklıkların düşmesi ve genel sıcaklık ortalaması da gittikçe artmış dolayısıyla burada bir örüntü vardır. Burada örüntünün kullanımını yıllara göre aynı düzende olmasa da bir artışın veya azalışından kaynaklı olduğundan örüntü kavramını kullandıklarını ifade edebilir. Aritmetik ortalamayı ise öğrencilerin genelde ortalama şeklinde ele adlıkları ifade edebiliriz. Bu duruma ait öğrenci ifadesi ise “Aritmetik ortalamayı kullanan bir diğer grup ise 2013 yılından 2018 yılına kadar ortalama sıcaklıklarını bulup daha sonra bu durumu 6 ya böleceğiz” şeklindedir. İkinci matematisel modelleme uygulaması;

Şekil 4. Öğrencilerin matematisel olmayan kavram ve kurallar tema altında kullandıkları ifadeler

“Matematisel olan kavram ve kurallar” temasında Örüntü ve Aritmetik ortalama kavramını kullanma sebepleri sorulduğunda ise öğrencilerin ortalama minimum soğukluk gittikçe artmış ve genel sıcaklık ortalaması da gittikçe artmış dolayısıyla burada bir örüntü vardır. Burada örüntünün kullanımını yıllara göre aynı düzende olmasa da bir artışın veya azalışından kaynaklı olduğundan örüntü kavramını kullandıklarını ifade edebilir. Aritmetik ortalamayı ise öğrencilerin genelde ortalama şeklinde ele adlıkları ifade edebiliriz. Bu duruma ait öğrenci ifadesi ise “Aritmetik ortalamayı kullanan bir diğer grup ise 2013 yılından 2018 yılına kadar ortalama sıcaklıklarını bulup daha sonra bu durumu 6 ya böleceğiz” şeklindedir. İkinci matematisel modelleme uygulaması;

“Semboller” temasında yer alan +, -, /, . gibi semboller ortaokul matematik öğretim programında bu sınıf düzeyinde dört işlem olarak yer almaktadır. Fakat kullanılan AO sembolü bu sınıf düzeyi için ortaokul matematik öğretim programında daha sonraki zamanlarda yer almaktadır. Diğer taraftan öğrencilerle yapılan görüşmede öğrenciler + ve - işaretlerini işlem olarak kullandıklarını ifade etmişlerdir. AO sembolünü ise “ortalama” olarak kullandıklarını ifade etmişlerdir.

“İşlem” temasında yer alan tam sayılarla toplama işlemi, aritmetik ortalama, ondalıklı ifadelerde toplama ve bölme işlemi matematik öğretim programında bu sınıf düzeyinde yer almaktadır. Fakat aritmetik ortalama bulma işlemi bu sınıf düzeyi için sonraki zamanlarda yer

almaktadır. Öğrencilerle yapılan görüşmelerde aritmetik ortalamayı bulma işlemlerini işlemleri öğrenmediklerinden aritmetik ortalamaya sadece “ortalama” dediklerini ifade etmişlerdir.

“Matematiksel olmayan kavram ve kurallar” temasında yer alan yorgunluk, ceza, rüzgâr, teknoloji, genç-yaşlı gibi günlük hayat veya diğer dersler ile ilgili kavramları değişken veya varsayım olarak kullanmışlardır. Bu kavramlara öğrencilerin örnek ifadeleri;

“Kural olarak kadınların 100 m atletizm yarışında en çok Jamaika derece aldığından bir sonraki olimpiyatı da Jamaika alacaktır. Jamaika’nın bu sporda kendini geliştirdiğini ve **tecrübe** olarak diğer ülkelere göre daha fazla tecrübeli bu sebepten Jamaika kazanacaktır.”

“Ayrıca atletlerde şunu fark ettik koşu yaparken kafaları yukarı bakıyor sivri olsunlar daha iyi koşu yapabilsinler diye, sonra yarışı bitiş çizgisine gelince kafalarını yere eğiyorlar yavaşlasın diye. Bu durum da **sürtünmeden** dolayı” şeklindedir.

“Matematiksel olan kavram ve kurallar” temasında örüntü, kere- kez, yaş, frekans, büyüklük- küçüklük, artan- azalan gibi kavramları kullanma sebepleri sorulduğunda ise öğrencilerin daha çok matematik öğretim programları ile ilişkilendirdiği için bu kavramları kullandıkları ifade etmişlerdir.

“Örüntünün kullanımını yıllara göre aynı düzende olmasa da bir artışın veya azalışından kaynaklı olduğundan örüntü kavramını kullandıkları, olasılık (ihtimal) kavramı ise Erkek 100 atletizm yarışında ABD’nin kazanma ihtimali daha çok fazla” şeklindeki öğrenci ifadesi bu duruma örnektir. Öğrenciler bu sonuca Şekil 5 de görüldüğü gibi hazırladıkları örüntüyle ulaşmışlardır.

Ülke	Kazanma Sayısı	Yıl
ABD	9	1984
İspanya	3	1988
Kanada	1	1992
Rusya	1	1996
Birleşik Kr.	3	2000
Kuba	1	2004
Bulgaristan	1	2008

Şekil 5. Öğrencilerin oluşturdukları olimpiyatları kazanan ülke ve kazanma sayısı ile ilgili örüntü tablosu

Şekil 5 de öğrenciler ülkelerin isimlerini ve kaz kez bu ülkelerin olimpiyatları kazandıklarını bir örüntü şeklinde yazmışlardır. Öğrenciler bu örüntüye bakarak 9 kez kazanan ABD’nin tekrar kazanma ihtimalinin diğer ülkelere göre daha fazla olduğunu tahmin etmişlerdir.

4. Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu çalışmada temel olarak altıncı sınıf öğrencilerinin matematiksel modelleme süreçlerinde kullandıkları sembollerin, işlemlerin ve kuralların ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda semboller teması açısından iki sonuç elde edilmiştir. Birinci sonuç, matematiksel modelleme süreci boyunca öğrencilerin daha önce öğrendikleri sembolleri doğru bir şekilde kullanmış olmalarıdır. Öğrencilerin bu sembollerden özellikle +, / ve = sembollerini daha fazla kullandıkları sonucuna ulaşılmıştır. Bunun nedeni bu sembollerin altıncı sınıf düzeyine kadar yoğun bir şekilde öğretim programında yer alması ve bu çalışmada kullanılan matematiksel modelleme durumunun bu sembollerle ilişkili olmasından kaynaklı olabilir. Bu sonuç, Akgün ve diğerleri (2013) çalışmalarında ortaya koydukları öğrenciler daha önce öğrendikleri sembolleri daha çok kullandıkları sonucuyla örtüşmektedir. İkinci sonuç, az da olsa formal olarak daha önce öğrenmedikleri AO şeklindeki kısaltma/sembolü kullanmış olmalarıdır. Bu sonuç Cheng'in (2001) ve Olkun ve Uçar'ın (2007) belirttikleri gibi matematiksel modelleme uygulamalarının daha önceden öğrendikleri sembolleri doğru bir şekilde kullanma ve yeni sembolleri keşfetmede öğrencilere katkıda bulunduğu sonucuyla örtüşmektedir. Buradan öğrencilerin daha önce öğrendikleri sembol pekiştirme ve yenileri keşfetmeleri ve derinlemesine anlayış geliştirmelerine için matematik derslerinde farklı matematiksel modelleme durumlarını kullanmaları önerilebilir.

İşlemler teması açısından ise matematiksel modelleme uygulamalarında öğrencilerin ondalıklı ifadelerde toplama işlemini doğru bir şekilde yaptıkları görülmektedir. Bu durum beklenen bir sonuçtur. Fakat bazı öğrenciler bu işlemleri yaparken kendisine ait farklı stratejileri geliştirmişler ve başarılı bir şekilde kullanmışlardır. Bu durum Borromeo Ferri (2010) ve Kal (2013) çalışmalarında ortaya konulan matematiksel modelleme etkinlikleri öğrencilere bildikleri işlemleri uygulama ve işlemleri yaparken yeni stratejileri geliştirme ve uygulama imkânı sunduğu sonucuyla uyumludur.

Matematiksel kavram ve kurallar teması açısından üç sonuç elde edilmiştir. Birinci sonuç sembol ve işlem temalarında olduğu gibi öğrencilerin matematiksel modellerini oluştururken daha önce öğrendiği matematik ile ilgili kavram ve kuralları doğru bir şekilde kullanmış olmalarıdır. Bu durum daha önceki matematiksel modelleme araştırmalarında ortaya konulan matematiksel modelleme süreçlerinde öğrenciler daha önce öğrendikleri kavram ve kuralları etkili bir şekilde kullandıkları sonuçlarıyla örtüşmektedir (Blum & Borromeo Ferri, 2009; Karalı, 2013).

İkincisi daha önce öğrenmedikleri ve sonraki zaman ve/ya sınıf düzeylerinde öğrenecekleri olasılık, negatif tam sayılar ve aritmetik ortalama gibi kavram ve kuralları doğru bir şekilde kullanmış olmalarıdır. Bu sonuç araştırmalarda ortaya konulan matematiksel modelleme uygulamalarında öğrenciler yeni kavram ve kuralları doğru bir şekilde kullandıkları sonucuyla örtüşmektedir (Borromeo Ferri, 2010; Kal, 2013).

Üçüncüsü de diğer derslerde ve/ya günlük hayatta öğrendikleri kavramları da matematiksel değişken olarak kullanmış olmalarıdır. Öğrenciler matematik ile ilgili olmayan sürtünme, yorgunluk, ceza, deneyim /tecrübe gibi diğer derslerle veya günlük hayatla ilişkili kavramları doğru ve etkili bir şekilde kullandıkları görülmektedir. Bu durum Ortaokul Matematik Dersi Programının matematik ve diğer dersler arasında ilişki kurma (Milli Eğitim Bakanlığı, 2018) hedefini desteklemektedir. Buradan matematiksel modelleme etkinlikleri öğrencilere diğer dersler ve günlük hayattaki kavramlarla matematik arasında ilişki kurmasına katkı sağladığı söylenebilir. Bu; Özkaya ve diğerleri (2023) ve Muşlu ve Çiltaş (2016) tarafından ortaya konulan matematiksel modelleme etkinlikleri öğrencilere matematikle farklı alanlarla ilişki kurma fırsatı verdiği sonucuyla örtüşmektedir. Matematikle diğer dersler arasında ilişki kurmayı teşvik eden disiplinler arası projeler ve etkinliklerin matematiksel modelleme yardımıyla düzenlenmesi önerilebilir. Matematiksel modelleme uygulamaları, spesifik kavramların yanı sıra geniş konuların öğrenilmesinde ve düşünme becerilerinin geliştirilmesinde kullanılması önerilebilir. Öğrencilere, yeni matematiksel kavramlar ve kurallar oluşturma yeteneği kazandıracak matematiksel modelleme uygulamaları yapılabilir.

Matematiksel modelleme etkinlikleri matematikle ilgili sembol ve işlemler kategorilerinde daha önce öğrenilmiş ve yeni kavram ve kuralların uygulanmasında ve ortaya çıkarılmasında katkısı olduğu söylenebilir. Geiger ve diğerleri (2022) tarafından ortaya konulan görüş, matematiksel modelleme uygulamalarının spesifik kavram ve konuların öğrenimi yerine, daha geniş bir konunun öğrenilmesinde ve düşünme becerilerinin geliştirilmesinde kullanılması gerektiği görüşü bu sonuç ile örtüşmektedir.

Matematiksel modelleme etkinlikleri sürecinde öğrencilerin genelleme yapmadıkları sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç birçok çalışmada ortaya konulan genelde öğrencilerin genelleme yapmadığı sonucuyla örtüşmektedir (Chamberlin & Moon, 2005). Belki de bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü öğrencinin genelleme yapabilmesi için daha çok çaba ve zamana ihtiyacı vardır. Yine de öğrencilerin az da olsa genellemeler yapabilmesi için öğretim yıl içinde matematik

derslerinde geniş zaman içinde farklı zamanda ve farklı matematik modelleme durumlarıyla uygulamalar yapılması önerilebilir.

Sonuç olarak, matematiksel modelleme uygulamaları öğrencilere, matematik dersiyle ilgili öğrendikleri semboller, işlemler, kavramlar ve kuralları kullanma ve uygulama fırsatı sunacağı düşünülmektedir. Ayrıca, bu uygulamalar matematikle diğer disiplinler arasında ilişki kurma becerisini geliştireceği ve öğrencilere yeni kavramlar oluşturma fırsatı sunacağı öngörülmektedir. Bu sonuç, çalışmalarda ortaya konulduğu gibi ilerleyen yıllarda öğrenilecek kavramları anlama ve kullanmada olumlu katkı sağlayacağı (Blum & Borromeo Ferri, 2009; Karalı, 2013; Kutluca & Kaya, 2023) sonucuyla uyumludur.

Genelleme yapmaya olanak tanıyan matematiksel modelleme uygulamaları seçilmesi ve bunların üzerinde çalışmak için daha fazla zaman ayrılması önerilmektedir. Böyle uygulamalar, öğrencilerin genelleme yapmasının yanında matematik ile diğer dersler ve günlük hayattaki kavramlarla arasında bağlantı kurmasına fırsat verileceği düşünülmektedir. Bu yüzden derslerde matematiksel modelleme uygulamaları en az ayda bir kez kullanılması önerilmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar bu çalışmalarında herhangi bir şekilde çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ BEYANI

Yazarlar bu çalışmalarında araştırma ve yayın etiğine uyulduğunu beyan ederler.

Araştırma için Erzincan Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'ndan (29.03.2018 tarih ve 01/13 numaralı) etik kurul izni alınmıştır.

YAZAR SORUMLULUK BEYANI

Yazarlar bu çalışmanın “Kavramsal Çerçeve, Yöntem Tasarımı, Araştırma, Yazı Taslağı, Görselleştirme” kısmının Uğur YILDIRIM, “Yazı Taslağı, İnceleme ve Düzenleme” kısmının Prof. Dr. Mehmet BEKDEMİR tarafından yapıldığını beyan ederler.

REFERENCES/KAYNAKLAR

Abel, T., Searcy, M. E., & Salinas, T. M. L. (2020). Sense-making with the mathematical modelling process: Developing a framework for faculty practice. In Stillman, G. A., Kaiser, G., & Lampen, C. E. (eds), *Mathematical modelling education and sense-making. International*

perspectives on the teaching and learning of mathematical modelling (pp. 119-128). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37673-4_11

Akgün, L., Çiltaş, A., Deniz, D., & Çiftçi, Z. (2013). İlköğretim matematik öğretmenlerinin matematiksel modelleme ile ilgili farkındalıkları. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* (12), 1-34. <https://doi.org/10.14520/adyusbd.410>

Aydın, E., & Derin, G. (2020). Matematik öğretmeni eğitiminde STEM - matematiksel modelleme birlikteliğinin problem çözme ve modelleme becerilerine etkisi. *Bogazici University Journal of Education*, 37, 93-121.

Anhalt, C. O., & Cortez, R. (2016). Developing understanding of mathematical modeling in secondary teacher preparation. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 19, 523-545. <https://doi.org/10.1007/s10857-015-9309-8>

Biccard, P. (2024). Productive struggle in mathematical modelling. *The Mathematics Enthusiast*, 21(1), 99-112. <https://doi.org/10.54870/1551-3440.1620>

Blomhøj, M., & Kjeldsen, T. H. (2006). Teaching mathematical modelling through project work. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2), 163-177. <https://doi.org/10.1007/BF02655887>

Blum, W., & Borromeo Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1), 45-58.

Blum, W., & Leiß, D. (2007). How do teachers deal with modeling problems? In C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, & S. Khan (Eds.), *Mathematical modeling (ICTMA 12): Education, engineering and economics* (pp. 222-231). Horwood Publishing.

Borromeo Ferri, R. (2010). On the influence of mathematical thinking styles on learners' modeling behavior. *Journal of Mathematics Didactics*, 31, 99-118. <https://doi.org/10.1007/s13138-010-0009-8>

Carreira, S., & Baioa, A. M. (2018). Mathematical modelling with hands-on experimental tasks: On the student's sense of credibility. *ZDM - Mathematics Education*, 50(1-2), 201-215. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0905-1>

Çakmak Gürel, Z. (2018). *Matematik öğretmeni adaylarının matematiksel modelleme süreçlerinin bilişsel açıdan incelenmesi* [Yayımlanmamış doktora tezi]. Atatürk Üniversitesi.

Çakmak Gürel, Z., & Bekdemir, M. (2022). The teacher and peer intervention for preservice mathematics teachers on the validity of mathematical models. *Pedagogical Research*, 7(2), em0120. <https://doi.org/10.29333/pr/11800>

Cheng, A. K. (2001). Teaching mathematical modelling in Singapore school. *The Mathematics Educator*, 6(1), 63-75.

Cirillo, M., Pelesko, J. A., Felton-Koestler, M. D., & Rubel, L. (2016). Perspectives on modelling in school mathematics. In C. R. Hirsch & A. R. McDuffie (Eds.), *Annual perspectives in*

- mathematics education 2016: Mathematical modelling and modelling mathematics* (pp. 3-16). NCTM.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). *Design experiments in educational research. Educational Researcher, 32(1), 9-13.*
- Czocher, J. A. (2017). How can emphasizing mathematical modeling principles benefit students in a traditionally taught differential equations course? *The Journal of Mathematical Behavior, 45, 78-94.* <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2016.10.006>
- Czocher, J. A. (2018). Etkinliği doğrulamak modelleme sürecine nasıl katkıda bulunur? *Matematikte Eğitim Çalışmaları, 99(3), 137-159.*
- Chamberlin, S.A & Moon, S.M (2005). Model-eliciting activities as a tool to develop and identify creatively gifted mathematicians. *The Journal of Secondary Gifted Education, 17(1), 37-47.* <https://doi.org/10.4219/jsge-2005-393>
- Durandt, R., & Lautenbach, G. (2020). Strategic support to students' competency development in the mathematical modelling process: A qualitative study. *Perspectives in Education, 38(1), 211-223.* <https://doi.org/10.18820/2519593X/pie.v38i1.15>
- Frejd, P., & Vos, P. (2024). The spirit of mathematical modeling—a philosophical study on the occasion of 50 years of mathematical modeling education. *The Mathematics Enthusiast, 21(1), 269-300.* <https://doi.org/10.54870/1551-3440.1626>
- Geiger, V., & Frejd, P. (2015). A reflection on mathematical modelling and applications as a field of research: Theoretical orientation and diversity. In Stillman, G., Blum, W., & Salett Biembengut, M. (eds) *Mathematical modelling in education research and practice. International perspectives on the teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 161-171). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18272-8_12
- Geiger, V., Galbraith, P., Niss, M., & Delzoppo, C. (2021). Developing a task design and implementation framework for fostering mathematical modelling competencies. *Educational Studies in Mathematics, 109, 313–336.* <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10039-y>
- Greefrath, G., & Vorhölter, K. (2016). Teaching and learning mathematical modelling: Approaches and developments from German speaking countries. *In Teaching and learning mathematical modelling. ICME-13 topical surveys* (pp. 1-42). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45004-9_1
- Gürbüz, R., & Çalik, M. (2021). Intertwining mathematical modeling with environmental issues. *Problems of Education in the 21st Century, 79(3), 412-424.* <https://doi.org/10.33225/pec/21.79.412>
- Kal, F. M. (2013). *Matematiksel modelleme etkinliklerinin ilköğretim 6. sınıf öğrencilerinin matematik problemi çözme tutumlarına etkisi* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Kocaeli Üniversitesi.

- Karalı, D. (2013). *İlköğretim matematik öğretmen adaylarının matematiksel modelleme hakkındaki görüşlerinin ortaya çıkarılması* [Yayımlanmamış yüksek lisans tezi]. Abant İzzet Baysal Üniversitesi
- Kaiser, G. (2020). Mathematical modelling and applications in education. In Lerman, S. (eds) *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 553-561). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15789-0_101
- Kutluca, T., & Kaya, D. (2023). Mathematical Modelling: A Retrospective Overview. *Journal of Computer and Education Research*, 11(21), 240-274. <https://doi.org/10.18009/jcer.1242785>
- Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics teaching, learning, and problem solving. In R. Lesh, & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving, learning, and teaching* (pp. 3-33). Lawrence Erlbaum Associates.
- Manouchehri, A., Bekdemir, M., & Yao, X. (2020). Facilitating modelling activities in a grade 5 classroom. In Stillman, G.A., Kaiser, G., & Lampen, C.E. (eds), *Mathematical modelling education and sense-making. International perspectives on the teaching and learning of mathematical modelling*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37673-4_17
- Maass, K. (2006). What are modelling competencies? *ZDM*, 38, 113-142.
- Milli Eğitim Bakanlığı (2013). *Ortaokul matematik dersi (5, 6, 7 ve 8. sınıflar) öğretim programı*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı
- Milli Eğitim Bakanlığı (2018). *Ortaokul matematik dersi (5, 6, 7 ve 8. sınıflar) öğretim programı*. Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, Ankara
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. (2nd ed). Sage.
- Muşlu, M., & Çiltaş, A. (2016). Doğal sayılarda işlemler konusunun öğretiminde matematiksel modelleme yönteminin öğrenci başarısına etkisi. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 11(2), 330-343
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2014). Principles to actions: *ensuring mathematical success for all*. NCTM.
- Niss, M., & Blum, W., & Galbraith, P. (2007). Introduction. In W. Blum, P. Galbraith, H. W. Henn, & M. Niss (Eds.), *Modelling and applications in mathematics education*, The 14th ICMI study (pp. 3-32). Springer.
- Olkun, S. & Uçar, T. Z. (2007). *İlköğretimde etkinlik temelli matematik öğretimi*. Maya Akademi Yayın Dağıtım.
- Özkaya, A., Bulut, S., & Şahin, G. (2023). Disiplinler arası matematiksel modelleme etkinliklerinin öğretmen adaylarının matematiksel düşünme becerileri ve matematik okuryazarlığına

- etkisi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 25(4), 634-650.
<https://doi.org/10.17556/erziefd.1312400>
- Pollak, H. (2003). A history of the teaching of modelling. In G. Stanic & J. Kilpatrick (Eds.), *A history of school mathematics* (pp. 647-671). NCTM.
- Rosa, M., & Orey, D. C. (2015). Social-critical dimension of mathematical modelling. In G. A. Stillman, W. Blum, & M. S. Biembengut (Eds.), *Mathematical modelling in educational research and practice* (pp. 385-395). Springer.
- Schleicher, A. (2007). *PISA 2006: Science competencies for tomorrow's World. OECD briefing note for The United States*. OECD Directorate for Education.
- Sokolowski, A. (2015). The effects of mathematical modelling on students' achievement: Meta-analysis of research. *The IAFOR Journal of Education*, 3(1), 93-114.
- Solar, H., Ortiz, A., Arriagada, V., & Deulofeu, J. (2022). Argumentative orchestration in the mathematical modelling cycle in the classroom. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(8), 1-15. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12245>
- Steffe, L. P., & Olive, J. (2010). *Children's fractional knowledge*. Springer.
- Steffe, L. P., & Thompson, P. W. (2000). Teaching experiment methodology: Underlying principles and essential elements. In R. A. Lesh & A. E. Kelly (Eds.), *Research design in mathematics and science education* (pp. 267-306). Lawrence Erlbaum Associates.
- Stillman, G., Kaiser, G., & Lampen, C. E. (Eds.). (2020). *Mathematical modelling education and sense-making*. Pringer Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37673-4>
- Stillman, G. A., Blum, W., & Kaiser, G. (Eds.). (2017). *Mathematical modelling and applications: Crossing and researching boundaries in mathematics education*. Springer.
- Tropper, N., Leiß, D., & Hänze, M. (2015). Teachers' temporary support and worked-out examples as elements of scaffolding in mathematical modeling. *ZDM*, 47(7), 1225-1240. <https://doi.org/10.1007/s11858-015-0718->
- Vorhölter, K., Greefrath, G., Borromeo Ferri, R., Leiß, D., & Schukajlow, S. (2019). Mathematical modelling. In H. N. Jahnke & L. Hefendehl-Hebeker (Eds.), *Traditions in German-speaking mathematics education research* (pp. 91-114). Springer Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11069-7_4
- Widjaja, W. (2013). The use of contextual problems to support mathematical learning. *Indonesian Mathematical Society Journal on Mathematics Education*, 4(2), 157-168. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1078956.pdf>
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2013). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (9 bs.). Seçkin Yayıncılık.