

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ



KİMYASAL GÖSTERİMLER ÜZERİNE SİSTEMATİK LİTERATÜR
İNCELEMESİ

DİLARA ÜNLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Hasene Esra YILDIRIR (Tez Danışmanı)

Doç. Dr. Ayşe Gül ŞEKERCİOĞLU

Prof. Dr. Mehmet ŞAHİN

BALIKESİR, TEMMUZ- 2026

ETİK BEYAN

Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak tarafımda hazırlanan **“Kimyasal Gösterimler Üzerine Sistemantik Literatür İncelemesi”** başlıklı tezde;

- Tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Kullanılan veriler ve sonuçlarda herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Tüm bilgi ve sonuçları bilimsel araştırma ve etik ilkelere uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım eserlere atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,

beyan eder, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ederim.

DİLARA ÜNLÜ

ÖZET

**KİMYASAL GÖSTERİMLER ÜZERİNE SİSTEMATİK LİTERATÜR
İNCELEMESİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
DİLARA ÜNLÜ
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ
(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. HASENE ESRA YILDIRIR)**

BALIKESİR, TEMMUZ- 2026

Bu çalışma, 2003 ile 2025 yılları arasında kimya eğitiminde kimyasal temsiller üzerine yapılan ampirik araştırmaları sistematik olarak gözden geçirmeyi amaçlamaktadır. ERIC, Scopus ve Web of Science veri tabanlarında yapılan aramalar sonucunda, dahil edilme kriterlerini karşılayan 77 makale, YÖK Tez veri tabanından da 8 lisansüstü çalışma belirlenmiştir. PRISMA yönergelerine uygun olarak, makaleler yayın yılı, ülke, dergi, yöntem, örnek, veri toplama ve analiz araçları, kimya konusu, araştırma amacı, sonuçlar ve öneriler açısından kodlanmış ve analiz edilmiştir. Bulgular, makalelerin özellikle 2017'den sonra arttığını, tezlerin ise en çok 2023 yılında yapıldığı, en çok çalışmanın yapıldığı ülkenin Amerika Birleşik Devletleri olduğunu, tezlerin ise en çok Balıkesir ilinde yayımlandığı ve en sık çalışılan konuların kimyasal bağlanma ve organik kimya olduğunu göstermektedir. İncelenen makalelerde, yarı deneysel desen ve varyans analizlerinin baskın olduğu, nitel ve karma yöntem çalışmalarının ise daha az yaygın olduğu tezler de ise nitel yöntemin baskın olduğu belirlenmiştir. Makalelerde veri toplama aracı olarak en çok başarı ve kavram testlerinin kullanıldığı, tezler de ise en çok görüşme formu kullanıldığı görülmüştür. Makalelerde veri analizi olarak, en çok makalelerde parametrik testlerin, tezlerde ise içerik analizinin kullanıldığı belirlenmiştir. Araştırma amaçları incelendiğinde, araştırmacıların öncelikle farklı öğretim yöntemlerinin etkilerini araştırmaya ve öğrenci/öğretmen özelliklerini belirlemeye odaklandıkları görülmüştür. Sonuçlara bakıldığında, makalelerde ve tezlerde çoklu temsillerin kavramsal anlayış ve temsili yeterlilik üzerindeki olumlu etkiler vurgulanmıştır. Makalelerde, temsiller arasındaki geçişlerin açık bir şekilde öğretilmesi ve görselleştirme araçlarının kullanımı üzerine odaklanılması gerektiği, tezler de ise ders kitaplarındaki görsellerin üçlü temsil türüne göre zenginleştirilmesi önerilmektedir. Sonuç olarak, bu inceleme kimyasal temsillerle ilgili literatüre kapsamlı bir bakış açısı sunarak hem araştırmacılar hem de uygulayıcılar için gelecekteki araştırmalara rehberlik edecek değerli bilgiler sağlamaktadır.

ANAHTAR KELİMELELER: Çoklu gösterim, kimya eğitimi, kimyasal gösterimler, sistematik literatür taraması

ABSTRACT

SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW ON CHEMICAL REPRESENTATIONS

MSC THESIS

DİLARA ÜNLÜ

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

MATHEMATICS AND SCIENCE EDUCATION

ELEMENTARY SCIENCE EDUCATION

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. HASENE ESRA YILDIRIR)

BALIKESİR, JULY- 2026

This study aims to systematically review empirical research on chemical representations in chemistry education between 2003 and 2025. Searches in the ERIC, Scopus, and Web of Science databases resulted in the identification of 77 articles meeting the inclusion criteria, and 8 postgraduate studies from the YÖK Thesis database. In accordance with PRISMA guidelines, articles were coded and analyzed based on publication year, country, journal, methodology, sample, data collection and analysis tools, chemistry topic, research objective, results, and recommendations. The findings show that the number of articles increased significantly after 2017, the highest number of theses were published in 2023, the United States was the country with the most studies, the most theses were published in Balıkesir province, and the most frequently studied topics were chemical bonding and organic chemistry. The articles examined showed that quasi-experimental designs and analysis of variance were dominant, while qualitative and mixed methods studies were less common. Quasi-experimental studies were less common in the articles, and qualitative methods were dominant in the theses. The most common data collection tools used in articles were achievement and concept tests, while interview forms were most frequently used in theses. Regarding data analysis, parametric tests were most commonly used in articles, while content analysis was most common in theses. Examining the research objectives, researchers primarily focused on investigating the effects of different teaching methods and identifying student/teacher characteristics. The results highlight the positive effects of multiple representations on conceptual understanding and representational competence in both articles and theses. Articles suggest a focus on clearly teaching transitions between representations and utilizing visualization tools, while theses recommend enriching textbook visuals according to the three-part representation type. In conclusion, this review provides a comprehensive overview of the literature on chemical representations, offering valuable information to guide future research for both researchers and practitioners.

KEYWORDS: Multiple representation, chemistry education, chemical representations, systematic literature review

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
TABLO LİSTESİ.....	vi
ÖNSÖZ	vii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Problem Durumu	1
1.1.1 Problem Cümleleri ve Alt Problemler	3
1.2 Araştırmanın Amacı	4
1.3 Araştırmanın Önemi	4
1.4 Araştırmanın Varsayımları	5
1.5 Araştırmanın Sınırlılıkları.....	5
1.6 Tanımlar.....	6
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE	7
2.1 Gösterim	7
2.2 Kimyasal Gösterim	9
2.2.1 Makroskobik Gösterim	9
2.2.2 Altmikroskobik Gösterim	10
2.2.3 Sembolik Gösterim	11
2.3 Sistemantik Literatür Taraması	13
2.4 İlgili Çalışmalar	14
2.4.1 Kimyasal Gösterimler ile İlgili Uluslararası Çalışmalar	14
2.4.2 Kimyasal Gösterimler ile İlgili Ulusal Çalışmalar	16
2.4.3 Fen Eğitiminde Yapılan Sistemantik Literatür Taraması ile İlgili Çalışmalar	17
3. YÖNTEM	20
3.1 Araştırmanın Modeli.....	20
3.2 Veri Toplama Süreci.....	20
3.3 Veri Toplama ve Analizi	22
3.4 Geçerlik ve Güvenirlik	24
4. BULGULAR.....	25
4.1 YÖK TEZ Veri Tabanındaki Lisansüstü Tezlerin Tanımlayıcı Özelliklerine Ait Bulgular.....	25
4.1.1 Lisansüstü Tezlerin Yıllara Göre Dağılımı	25
4.1.2 Lisansüstü Tezlerin Yapıldığı Üniversitelerin Dağılımı	25
4.1.3 Lisansüstü Tezlerin Yürütüldüğü Şehirlerin Dağılımı	26
4.1.4 Lisansüstü Tezlerin Yürütüldüğü Enstitülerin Dağılımı	26
4.2 YÖK TEZ Veri Tabanındaki Lisansüstü Tezlerin Metodolojik Özelliklerine Ait Bulgular.....	27
4.2.1 Lisansüstü Tezlerin Araştırma Yöntemlerinin Dağılımı	27
4.2.2 Lisansüstü Tezlerin Örneklem Büyüklüklerinin Dağılımı	27
4.2.3 Lisansüstü Tezlerde Kullanılan Veri Toplama Araçlarının Dağılımı	28
4.2.4 Lisansüstü Tezlerde Kullanılan Veri Analiz Yöntemlerinin Dağılımı	29
4.2.5 Lisansüstü Tezlerde Ulaşılan Sonuçların Dağılımı	29

İÇİNDEKİLER (Devam)

4.2.6 Lisansüstü Tezlerde Sunulan Önerilerin Dağılımı	30
4.3 Makalelerin Tanımlayıcı Özelliklerine Ait Bulgular.....	30
4.3.1 Makalelerin Yayımlandığı Dergilerin Dağılımı	31
4.3.2 Makalelerin Yayımlandığı Yıllara Göre Dağılımı.....	32
4.3.3 Makalelerde Araştırmaların Yürütüldüğü Ülkelere Göre Dağılımı	32
4.3.4 Makalelerde Yer Alan Anahtar Kelimelerin Dağılımı	33
4.3.5 Makalelerin Metodolojik Özelliklerine Ait Bulgular	35
4.3.5.1 Makalelerin Araştırma Yöntemlerinin Dağılımı	35
4.3.5.2 Makalelerin Örneklem Büyüklüklerinin Dağılımı	36
4.3.5.3 Makalelerin Örneklem Türlerinin Dağılımı	37
4.3.5.4 Makalelerde Kullanılan Veri Toplama Araçlarının Dağılımı.....	38
4.3.5.5 Makalelerde Kullanılan Veri Analiz Yöntemlerinin Dağılımı	39
4.3.6 Makalelerin Amaçlarına Göre Dağılımı	40
4.3.7 Makalelerin Ulaştığı Sonuçların Dağılımı.....	41
4.3.8 Makalelerde Sunulan Önerilerin Dağılımı	42
5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	44
5.1 YÖK TEZ Veri Tabanındaki Kimyasal Gösterimler Üzerine Yapılan Çalışmalara İlişkin Sonuçlar	44
5.2 ERIC, Scopus ve Web of Science Veri Tabanlarındaki Kimyasal Gösterimler Üzerine Yapılan Makalelere İlişkin Sonuçlar.....	47
5.3 Öneriler	51
6. KAYNAKLAR.....	52
EK A: Çalışmada İncelenen Makaleler (WOS, SCOPUS, ERIC)	71
EK B: Çalışmada İncelenen Tezler (Yüksek lisans)	87

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1:Maddenin üçlü gösterimi (Johnstone,1993).....	9
Şekil 2.2:Altın metalinin makroskobik gösterimi (Gkitzia et al., 2019)	10
Şekil 2.3:Suyun altmikroskobik gösterimi (Gkitzia et al., 2019).....	11
Şekil 2.4:Argon elementinin sembolik gösterimi (MEB, 2018)	12
Şekil2.5: Çoklu gösterim örneği (Sembolik + altmikroskobik)	13
Şekil 3.1: PRISMA 2020 Akış Diyagramı	22
Şekil 4.1:Makalelerin yıllara göre dağılımları	32
Şekil 4.2:Araştırmaların yürütüldüğü ülkelere göre dağılımı	33
Şekil 4.3: Analiz edilen anahtar kelimelerin VOSviewer programı ile analizi	34
Şekil 4.4: Makalelerde kullanılan örneklem büyüklüklerinin dağılımı	36
Şekil 4.5:Makalelerde kullanılan örneklem türlerinin dağılımı	37

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1: Makale ve tez sınıflandırma formu	23
Tablo 4.1: Tezlerin yıllara göre dağılımı	25
Tablo 4.2: Tezlerin hazırlandığı üniversitelere göre dağılımı	26
Tablo 4.3: Tezlerin yürütüldüğü şehirlere göre dağılımı	26
Tablo 4.4: Tezlerin enstitülere göre dağılımları	27
Tablo 4.5: Tezlerin araştırma yöntemlerine/desenlerine göre dağılımı	27
Tablo 4.6: Tezlerin örneklem türüne göre dağılımı	28
Tablo 4.7: Tezlerin veri toplama araçlarına göre dağılımı	28
Tablo 4.8: Tezlerin veri analiz yöntemlerine göre dağılımı	29
Tablo 4.9: Tezlerin sonuçlarına göre dağılımı	29
Tablo 4.10: Tezlerde sunulan önerilerin dağılımı	30
Tablo 4.11: Makalelerin yayımlandığı dergilerin dağılımı	31
Tablo 4.12: Anahtar kelimelerin gruplara göre dağılımı	34
Tablo 4.13: Makalelerin araştırma yöntemlerinin dağılımı	36
Tablo 4.14: Makalelerde kullanılan veri toplama araçlarının dağılımı	38
Tablo 4.15: Makalelerdeki veri analiz yöntemlerinin dağılımı	39
Tablo 4.16: Makalelerin amaçlarına göre dağılımı	40
Tablo 4.17: Makalelerin ulaştığı sonuçların dağılımı	41
Tablo 4.18: Makalelerde sunulan önerilerin dağılımı	42

ÖNSÖZ

Akademik bir çalışmanın ötesinde, hayatımın önemli bir dönüm noktasını simgeleyen bu tez, yalnızca kişisel bir çabanın değil, arkamda hissettiğim güçlü bir sevgi ve inanç bağının ürünüdür. Bu uzun ve meşakkatli yolculukta bana rehberlik eden, sabır ve fedakârlıklarıyla adımlarımı kolaylaştıran herkese şükranlarımı sunmak benim için bir borçtur.

Lisans ve lisansüstü eğitimim boyunca kıymetli bilgi birikimini ve tecrübelerini benimle paylaşan, her tıkandığımda derin hoşgörüsü ve sabrıyla yardımını benden esirgemeyen, benim için hocadan da öte değerli danışman hocam Doç. Dr. Hasene Esra Yıldırım'a en içten saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemdeki en büyük paya sahip olan, beni her koşulda destekleyen canım annem Sibel Ünlü ve babam Mustafa Ünlü'ye, hayatıma kattığı güzellikler ve kardeşlik bağı için ablam Burcu Çakmak'a minnettarım. Ayrıca hayatımıza neşe katarak yeni katılan canım yeğenim Aden Çakmak da dahil olmak üzere, hepsinin varlığı ve bana olan inançları en büyük motivasyon kaynağım olmuştur.

Ayrıca, tezin yazım aşamasında en çok ihtiyaç duyduğum anda bilgisayarını bana tahsis ederek çalışmamı kesintisiz sürdürmemi sağlayan değerli eniştem İskender Yıldırım Şimşek'e de bu anlamlı katkısından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Büyük bir emek ve özveriyle hazırladığım bu çalışmanın, bilim dünyasına ve gelecekteki araştırmalara faydalı bir kaynak olmasını temenni ederim.

Balıkesir, 2026

DİLARA ÜNLÜ

1. GİRİŞ

Bu bölümde araştırmaya ait problem durumu, problem cümleleri, alt problem cümleleri, araştırmanın amacı, önemi, varsayımları ve sınırlılıkları yer almaktadır.

1.1 Problem Durumu

Kimya Dersi Öğretim Programı'na (2018) göre öğrencilerin kimya biliminin temel kavramlarının, ilkelerinin, modellerinin, teorilerinin ve yasalarının hakkında bilgi sahibi olmalarını ve kimya biliminin, insanlığın ortak mirası olan bilimsel bilginin gelişim sürecini ve doğasını, bilimsel bilginin etik değerlere uygun olarak kullanılmasının önemini kavramalarını amaçlamaktadır.

Kimya bilimi, doğası gereği soyut kavramların somutlaştırılmasını ve bu kavramlar arasındaki geçişlerin doğru bir şekilde anlamlandırılmasını gerektirmektedir. Kimyasal kavramları öğretmek için derslerde başlangıç noktası olarak bilimsel kavramı günlük hayatla ilişkilendiren bağlamlar kullanılmaktadır. Gilbert'e (2006) göre yaşam temelli bağlamların kullanılması, öğrenme sürecinde kavramların somut olarak öğrenilmesini sağlamaktadır. Öğrencilerin kimyasal olayları kavrayabilmesi; makroskobik (gözlemlenebilir), mikroskobik (atomik/moleküler) ve sembolik (formül ve denklemler) olmak üzere üç temel düzeydeki gösterimlerin bütünleştirilmesine bağlıdır (Johnstone, 1991). Nitekim kimyasal olayların tam olarak kavranabilmesi için bu üçlü temsil modelinin entegrasyonu şart olsa da öğrencilerin soyut düzeyler arasında köprü kurma yetenekleri çoğunlukla beklentilerin gerisinde kalmaktadır (Gilbert and Treagust, 2009).

Alanyazında "kimyasal üçlü" (chemical triplet) olarak tanımlanan bu gösterim düzeyleri, kimya okuryazarlığının geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Kimya okuryazarlığı da bilimsel okuryazarlığın bir parçasıdır. Bilimsel ve kimyasal okuryazarlık yeterlilikleri kimyasal bilgi ve bilimsel bilgiyi sorgulama yeteneklerine odaklanmaktadır (Meydan, 2022). Kimya eğitiminin bu temel hedeflerine ve önemine rağmen, ilgili literatür öğretim sürecinde öğrencilerin her üç boyutu eş zamanlı olarak zihninde canlandırmakta ciddi engellerle karşılaştığını ortaya koymaktadır (Chittleborough and Treagust, 2007).

Bu bağlamda yapılan araştırmalar, öğrencilerin özellikle mikroskobik düzeydeki değişimleri zihinlerinde yapılandırmakta zorlandıklarını ve bu üç düzey arasında zihinsel geçişler

kuramadıklarını göstermektedir (Gkitzia et al., 2011). Fen eğitiminde, kimya alanında yapılan çalışmalar da öğrencilerin kimyasal sembolleri ve modelleri yorumlarken kavram yanlışlarına sahip olduklarını ve gösterimlerin sadece ezber düzeyinde kaldığını vurgulamaktadır (Gabel, 1999; Özmen, 2005). Bu zorluklar, kimyasal gösterimlerin öğretimine yönelik farklı yöntem, materyal ve yaklaşımların geliştirilmesini teşvik etmiştir. Gösterimler, kimya kavramlarını anlayabilmek için köprü görevi görürler (Hinton, 1999). Öğrencilerin kimyasal bir gösterimi anlamlandırabilmesi, verilen bilginin içerdiği gösterimlerin arasındaki ilişkiyi doğru bir şekilde yorumlamasına bağlıdır (Head et al., 2017). Bu nedenle kimyasal gösterimler, öğrencilerin gözlemleyemedikleri veya deneyimleyemedikleri karmaşık kimyasal kavramları öğrenmelerine yardımcı olan araçlardır.

Nitekim, son yirmi yılda kimyasal gösterimler konusunda ulusal ve uluslararası alanda çok sayıda deneysel çalışma, tarama araştırması ve nitel desenli araştırma yürütülmüştür (Atawna and Langbeheim, 2025; Chi, et al., 2018; Nelsen, et al., 2024; Watts, et al., 2022). Bu çalışmalar ERIC, Scopus, Web of Science gibi uluslararası veri tabanlarında ve YÖKTEZ veri tabanında yer alan lisansüstü tezlerde geniş bir yer tutmaktadır. Ancak, alanyazında var olan bu zengin birikime rağmen, kimyasal gösterimler üzerine yapılan çalışmaların eğilimlerini, ortak sonuçlarını ve metodolojik tercihlerini bütüncül bir şekilde ortaya koyan sistematik bir derleme çalışmasının bulunmadığı görülmektedir. Mevcut derleme çalışmaları genellikle belirli bir öğretim yöntemine (örneğin, modellemeye) veya belirli bir konuya (örneğin, gazlar, periyodik cetvel) odaklanmıştır. Kimyasal gösterimlerin tüm boyutlarıyla ele alındığı, farklı örneklem gruplarını, araştırma desenlerini ve sonuç eğilimlerini karşılaştırmalı olarak inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu durum, alanyazında iki önemli boşluğun göstermektedir. Birincisi, kimyasal gösterimler konusunda yapılan araştırmaların yönetsel tercihleri (desen, örneklem, veri toplama aracı) ve bu tercihlerin zaman içindeki değişimi sistematik olarak tanımlanmamıştır. İkincisi, bu çalışmaların raporladığı sonuçlar ve öneriler bütüncül bir perspektifle sentezlenmemiş; dolayısıyla araştırmacılara ve uygulayıcılara yol gösterecek kapsamlı bir çerçeve sunulamamıştır. Bu boşluklar, hem mevcut bilgi birikiminin anlaşılmasını zorlaştırmakta hem de yeni araştırmaların hangi alanlara yönelmesi gerektiği konusunda bir belirsizlik yaratmaktadır.

İşte bu nedenlerle, kimyasal gösterimler alanındaki akademik çalışmaların sistematik bir literatür taraması ile analiz edilmesi; alanın eğilimlerini, boşluklarını ve gelecek yönelimlerini belirlemesi açısından hem teorik hem de uygulamalı olarak büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, söz konusu boşlukları gidermeyi ve kimyasal gösterimlerin öğretimi üzerine kapsamlı bir bakış açısı sunmayı amaçlamaktadır.

1.1.1 Problem Cümleleri ve Alt Problemler

Araştırma Problemi

ERIC, Scopus ve Web of Science (WOS) veri tabanlarında yer alan makaleler ile YÖK TEZ veri tabanındaki lisansüstü tezlerin; “Kimyasal Gösterimler” konusu bağlamında araştırma eğilimleri ve metodolojik özellikleri açısından eğilimleri nasıldır?

Alt Problemler

1. Kimyasal gösterimler ile ilgili çalışmaların (makaleler ve tezler) tanımlayıcı özellikleri incelendiğinde;

- Makalelerin yayımlandığı dergilere göre dağılımı nasıldır?
- Makalelerin yıllara göre dağılımı nasıldır?
- Makalelerde en sık kullanılan anahtar kelimeler nelerdir?
- Makalelerin yapıldıkları ülkelere göre dağılımı nasıldır?
- Tezlerin yıllara göre dağılımı nasıldır?
- Tezlerin yürütüldüğü üniversitelere göre dağılımı nasıldır?
- Tezlerin yürütüldüğü şehirlere göre dağılımı nasıldır?
- Tezlerin yürütüldüğü enstitülere göre dağılımı nasıldır?

2. Kimyasal gösterimler ile ilgili çalışmaların metodolojik özellikleri incelendiğinde;

- Araştırmalarda en çok tercih edilen araştırma desenleri nasıl bir dağılım göstermektedir?
- Araştırmalarda kullanılan örneklem türleri nasıl bir dağılım göstermektedir?
- Araştırmalarda kullanılan örneklem büyüklükleri nasıl bir dağılım göstermektedir?
- Araştırmalarda en sık kullanılan veri toplama araçları nelerdir?
- Araştırmalarda en sık başvuru alan veri analiz yöntemleri nelerdir?

3. Kimyasal gösterimler ile ilgili makalelerin amaçları nasıl bir dağılım göstermektedir?

4. Kimyasal gösterimler ile ilgili makalelerin ve tezlerin sonuç ve önerileri nasıl bir dağılım göstermektedir?

1.2 Araştırmanın Amacı

Bu araştırmanın amacı; kimyasal gösterimler ile ilgili ERIC, SCOPUS ve Web of Science (WOS) veri tabanlarında yer alan makalelerin ve YÖK TEZ veri tabanındaki lisansüstü tezlerin, belirlenmiş olan kriterler çerçevesinde sistematik literatür taramasını gerçekleştirmektir.

1.3 Araştırmanın Önemi

Bu araştırma, kimya eğitimi alanındaki "kimyasal gösterimler" konusunda son yirmi yılda üretilmiş bilgi birikimini sistematik bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışma ile alanyazına kuramsal, uygulamalı ve metodolojik açıdan katkı sağlanmaya çalışılmıştır.

Kimyasal gösterimler, Johnstone (1991) tarafından ortaya konulan üçlü temsil modelinin (makroskobik, sembolik, altmikroskobik) kimya eğitimi araştırmalarının odak noktalarından biri olmuştur. Ancak alanyazında bu konuda yapılan çalışmaların sayısı arttıkça, elde edilen bulguların dağınık ve parçalı hale geldiği görülmektedir. Bu durum, araştırmacıların mevcut bilgi birikimini görmesini engellemekte ve alandaki araştırma eğilimlerinin izlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu çalışma, kimyasal gösterimler üzerine yapılmış çalışmaları belirli kategoriler altında sentezleyerek alanın kavramsal haritasını çıkarması bakımından kuramsal bir önem taşımaktadır. Elde edilecek bulgular, kimyasal gösterimlerle ilgili mevcut teorik çerçevelerin hangi noktalarda yeterli hangi noktalarda yetersiz kaldığını tartışmaya olanak sağlayacaktır.

Kimya eğitiminin önemli hedefi, öğrencilerin kimyasal olayları üç gösterim düzeyinde (makroskobik, mikroskobik, sembolik) anlamlandırabilmelerini sağlamaktır. Oysa alanyazın, öğrencilerin özellikle mikroskobik düzey ve düzeyler arası geçişlerde ciddi sorunlar yaşadığını göstermektedir (Gilbert and Treagust, 2009; Ünal vd., 2004). Bu bilgiler, kimya öğretmenlerine sınıf içi uygulamalarında yol gösterecek, program geliştiricilere ise öğretim programlarında hangi konulara daha fazla ağırlık verilmesi gerektiği konusunda kanıta dayalı öneriler sunacaktır.

Bilimsel araştırmaların niteliği, kullanılan yöntemlerin uygunluğu ile doğrudan ilişkilidir (Cohen et al., 2017; Creswell and Creswell, 2018). Kimyasal gösterimler alanında yapılan çalışmaların hangi araştırma desenlerini, örneklem gruplarını, veri toplama araçlarını ve analiz tekniklerini tercih ettiğinin sistematik bir şekilde ortaya konması, alanın yöntemsel

olgunluk düzeyini belirleme açısından kritiktir. Örneğin, alanda betimsel çalışmalar mı yoksa deneysel çalışmalar mı baskındır? Hangi örneklem büyüklükleri tercih edilmektedir? Nitel çalışmalarda geçerlik-güvenirlik çalışmaları ne düzeyde raporlanmaktadır? Bu sorulara verilecek yanıtlar, yeni araştırmalar tasarlayacak araştırmacılar için bir yöntemsel referans çerçevesi sunacaktır. Ayrıca, alandaki mevcut yöntemsel eksikliklerin ve tekrarlayan hataların tespit edilmesi, gelecek çalışmaların daha güçlü metodolojik temellere oturtulmasına katkı sağlayacaktır.

Kimyasal gösterimler konusunda özellikle 2000'li yılların başından itibaren ulusal ve uluslararası alanda dikkate değer sayıda çalışma yapılmıştır. Bu birikim, alanın "hangi soruların cevaplandığı, hangi soruların ise hâlâ yanıt beklediğini" belirlemek için meta-düzeyde bir analizi zorunlu kılmaktadır. Bu çalışma, kimyasal gösterimler literatüründe "hangi araştırma sorularının tekrar tekrar çalışıldığı", "hangi boşlukların ise görmezden gelindiği" konusunda farkındalık yaratarak, alandaki araştırma gündeminin daha verimli bir yöne evrilmesini sağlayacaktır.

1.4 Araştırmanın Varsayımları

Bu araştırmanın temelindeki varsayımlar şunlardır:

- Bu araştırmanın amacına, konusuna ve araştırma probleminin çözümüne uygun bir araştırma yöntemi seçilmiştir.
- İnceleme kapsamına alınan ERIC, Scopus, Web of Science (WOS) ve YÖKTEZ veri tabanlarında yer alan çalışmaların, bilimsel araştırma etik ve standartlarına uygun şekilde hazırlandığı varsayılmaktadır.
- Veri tabanlarındaki arama motorlarının, belirlenen anahtar kelimelerle (kimyasal gösterimler, üçlü düzey vb.) ilgili tüm temel çalışmalara erişim sağladığı varsayılmaktadır.
- Araştırma kapsamında kullanılan veri toplama formuna aktarılan bilgilerin ve yapılan kodlamaların, tarafsız ve bilimsel kriterlere uygun olarak gerçekleştirildiği varsayılmaktadır.

1.5 Araştırmanın Sınırlılıkları

- Bu çalışma; makaleler için ERIC, SCOPUS ve Web of Science (WOS), lisansüstü tezler için ise yalnızca YÖK TEZ veri tabanı ile sınırlandırılmıştır.

- Bu çalışma, “Kimyasal gösterimler” (Chemical representations) ve bu konunun alt dalları (makro, mikro ve sembolik düzeyler) ile ilgili başlık, özet ve anahtar kelime içeren çalışmalar ile sınırlıdır.
- Bu araştırma, bilimsel makaleler ve yüksek lisans tezleri ile sınırlı olup; kitap bölümleri, bildiri özetleri veya raporlar inceleme kapsamına alınmamıştır.
- Bu çalışma, 2003-2025 yılları arasında yayımlanmış makaleleri kapsamaktadır.

1.6 Tanımlar

Kimyanın Üçlü Doğası: Kimya bilimindeki kavramların makroskobik, mikroskobik ve sembolik olmak üzere üç farklı düzeyde temsil edilerek açıklanması durumudur (Johnstone, 1991).

Kimyasal Gösterim: Kimya bilimindeki soyut kavramların, formüllerin ve süreçlerin somutlaştırılması amacıyla kullanılan her türlü görsel ve şematik ifadelerdir (Gilbert and Treagust, 2009).

Altmikroskobik (Submikroskobik Düzey): Kimyasal olayların ve maddelerin yapısını gözle ve sıradan mikroskoplarla görülemeyen; atom, iyon ve molekül gibi parçacıkların davranışları, hareketleri ve etkileşimleri üzerinden açıklanması boyutudur (Johnstone, 1993; Treagust et al.,2003).

Sembolik Düzey: Kimyasal maddelerin, bileşiklerin, formüllerin ve reaksiyonların; harfler, sayılar, kimyasal semboller, grafikler ve modeller kullanılarak kısaltılmış ve standartlaştırılmış bir dille ifade edilmesi boyutudur (Johnstone, 1991).

Makroskobik Düzey: Kimyasal maddelerin ve gerçekleşen reaksiyonların; laboratuvarında veya günlük yaşamda doğrudan gözle görülebilen, ölçüm araçları ile doğrudan algılanabilen renk değişimi gibi somut ve deneysel özelliklerinin incelendiği boyuttur (Johnstone, 1991; Treagust, 2009).

2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde kuramsal çerçeveye daha sonra alan yazında bulunan kimyasal gösterimler konusu ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir.

2.1 Gösterim

İnsan, içinde yaşadığı dünyayı doğrudan ve olduğu gibi algılamak yerine, çeşitli anlamlandırma süreçleri aracılığıyla kavrar. Bu süreçlerin merkezinde yer alan “gösterim” ya da diğer adıyla “temsil”, gerçekliğin bireyler tarafından nasıl algılandığını ve yorumlandığını belirleyen temel kavramlardan biridir. Hall'a (1997) göre gösterim, en genel anlamıyla gerçekliğin dil, imgeler, semboller ve söylemler aracılığıyla yeniden kurulmasıdır. Ancak bu süreç yalnızca bir yansıtma değil, aynı zamanda aktif bir anlam üretimidir. Yani bir şeyi temsil ettiğimizde, onu olduğu gibi aktarmayız; onu yorumlar, yeniden inşa eder ve ona bir anlam yükleriz.

Öğrenme sürecinde ise gösterim biraz daha farklı bir anlam kazanır. Bu bağlamda gösterim, bir nesnenin, bir olayın veya bir fikrin zihinsel ya da fiziksel olarak ifade edilme biçimidir. Gilbert (2005), bu ayrımı netleştirmek için "zihinsel gösterim" ve "dışsal gösterim" kavramlarını kullanır. Zihinsel gösterim, bireyin bir kavrama dair kendi zihninde oluşturduğu anlamdır. Dışsal gösterim ise bu anlamın dış dünyaya aktarılmış halidir – bir çizim, bir grafik, bir formül ya da bir üç boyutlu model. Gilbert'a (2005) göre bilimsel bir modelin anlaşılması, bu dışsal gösterimlerin etkili bir şekilde kullanılmasına bağlıdır.

Gösterimler sadece birer anlatım aracı değildir. Ainsworth (2006), gösterimlerin aynı zamanda öğrencilerin düşünme becerilerini geliştirmede önemli bir rol oynadığını söyler. Ona göre farklı gösterim biçimleri arasında geçiş yapabilmek, üst düzey düşünme becerilerini harekete geçirir. Çünkü bir olguyu önce grafikte gösterip sonra aynı olguyu bir denklemlerle veya bir cümleyle ifade etmek, analiz, yorumlama ve ilişkilendirme gibi bilişsel süreçleri gerektirir. Bu yönüyle gösterim, sadece bir "bilgi taşıyıcı" değil, aynı zamanda bir "düşünme aracıdır".

Fen eğitimi açısından bakıldığında, gösterimler daha da kritik bir hale gelir. Fen eğitiminde öğrencilerden sadece gözlem yapmaları beklenmez; aynı zamanda gözlemledikleri olayları farklı düzeylerde açıklayabilmeleri istenir. Bir maddenin erimesini gözlemlemek başka, bu

erimenin tanecik düzeyinde ne anlama geldiğini açıklamak başkadır. İşte gösterimler tam bu noktada devreye girer. Soyut kavramların somutlaştırılmasına yardımcı olurlar. Öğrenciler çoğu zaman doğrudan gözlemleyemedikleri atom, molekül ve iyon gibi yapıları anlamakta zorlanır. Bu nedenle bilimsel olayların farklı temsil biçimleriyle sunulması, öğrenmenin kalıcılığını artırır ve kavramsal anlamayı destekler (Gilbert and Treagust, 2009).

Türkiye’de fen eğitimi alanında yapılan çalışmalar da gösterimlerin öğrenme üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Çoklu gösterim kullanımının öğrencilerin kavramsal anlamalarını artırdığını ve yanlış anlaşılmanın giderilmesinde etkili olduğunu belirtmektedir. Ancak bu kadar olumlu etkisine rağmen, gösterimlerin öğrenciler için her zaman sorunsuz işlediğini söylemek de doğru olmaz (Çalık ve Ayas, 2005). Köse (2008), öğrencilerin farklı gösterim türleri arasında bağlantı kurmakta zorlandıklarını ve bu durumun öğrenme sürecini olumsuz etkileyebildiğini vurgulamaktadır. Yani gösterimler bir çözüm sunarken aynı zamanda yeni zorluklar da yaratabilmektedir.

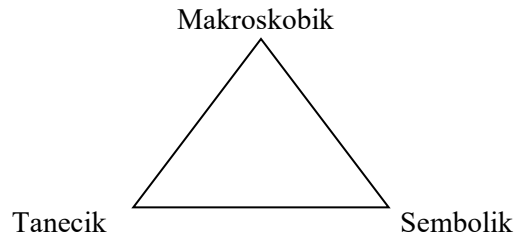
Günümüzde dijital teknolojilerin gelişmesiyle birlikte fen eğitiminde kullanılan gösterim türleri de çeşitlenmiştir. Simülasyonlar, animasyonlar ve etkileşimli modeller, öğrencilerin soyut kavramları daha kolay anlamalarına yardımcı olmaktadır. Bu araçlar sayesinde öğrenciler, gözle görülmesi mümkün olmayan süreçleri görselleştirerek daha anlamlı öğrenmeler gerçekleştirebilmektedir (Yılmaz ve Morgil, 2001). Ancak burada da kritik bir nokta vardır. Teknoloji ne kadar gelişmiş olursa olsun, öğrencinin bu gösterimleri nasıl yorumladığı ve zihninde nasıl bir araya getirdiği asıl belirleyici olmaya devam etmektedir. Nitekim kimya biliminde atom, iyon ve molekül gibi doğrudan gözlemlenemeyen tanecikli yapıların zihinsel temsillerinin oluşturulması, söz konusu bütüncül anlamlandırma sürecinin tam merkezinde yer almaktadır.

Kimya biliminde atom, iyon, molekül, element, bileşik gibi birden çok temel kavram vardır. Kimya dersinde soyut kavramlar çoğunlukta olduğu için bu kavramlar öğrenciler tarafından zor anlaşılmaktadır. Kimyanın öğrenciler tarafından zor ve karmaşık olarak düşünülmesinin sebebi maddenin tanecikleri üzerinde doğrudan gözlem yapamama ve zihinlerinde canlandıramamalarıdır (Ayas vd., 2001; Gabel, 1999; Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019). Öğretmenler tarafından soyut konular tam anlamıyla somutlaştırılamadığı için öğrenciler konuyla ilgili kavramları yanlış anlamakta ya da kavramı anlayamamakta bu sebeple öğrencilerde kavram yanılgıları oluşmaktadır. Soyut kavramların öğrenciler tarafından kolay

bir şekilde anlaşılabilmesi için öğrencilerin kavramları zihinlerinde canlandırmalarını sağlayıcı şekilde derslerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu süreçte soyut kimya kavramlarının öğretilmesinde kimyasal gösterimleri kullanmak son derece önemlidir (Head et al., 2017).

2.2 Kimyasal Gösterim

Kimya, doğrudan gözlemlenemeyen birçok soyut kavramı içerdiği için öğrenmesi ve öğretmesi zor disiplinlerden biridir. İşte bu zorlukların aşılmasında "kimyasal gösterimler" devreye girer. Kimyasal gösterimleri, bilimsel bilgilerin farklı düzeylerde ifade edilmesini sağlayan araçlar olarak tanımlayabiliriz. Öğrencilerin gözlemledikleri olaylar ile bu olayların arkasındaki tanecik düzeyindeki süreçler arasında ilişki kurmasına yardımcı olurlar (Taber, 2013). Bu gösterimler genellikle üç temel düzeyde ele alınır. Bu yaklaşımı ilk kez Alex Johnstone ortaya atmış ve literatürde üçlü temsil modeli olarak anılmaya başlamıştır. Johnstone'a göre kimya bilgisi; makroskobik, mikroskobik ve sembolik olmak üzere üç farklı temsil düzeyinde ifade edilebilir (Şekil 2.1) (Johnstone, 1991). Öğrencilerin bu üç düzey arasında kurduğu bağlantılar, aslında onların kimya okuryazarlık seviyelerini de belirler (Gabel, 1999).



Şekil 2.1: Maddenin üçlü gösterimi (Johnstone, 1993)

2.2.1 Makroskobik Gösterim

Makroskobik düzey, duyularla algılanabilen, laboratuvar ortamında doğrudan gözlemlenebilen somut olayları kapsar. Renk değişimi, gaz çıkışı, çökelti oluşumu veya sıcaklık değişimi gibi gözlemler bu düzeye örnektir. Johnstone'a (1991) göre makroskobik düzey, öğrencinin kimya ile ilk temas noktasıdır. Fen eğitiminde bu düzey, öğrencilerin bilimsel kavramlarla en somut deneyimi yaşadığı temsil biçimi olarak kabul edilir (Sirhan, 2007).

Makroskobik gösterimler kavram öğreniminde çok önemlidir. Çünkü öğrenciler soyut kavramları anlamlandırmadan önce somut deneyimlere ihtiyaç duyar. Deneysel etkinliklerle yapılan gözlemler, öğrencilerin dikkatini çeker ve öğrenmeye yönelik ilgilerini artırır. Bu durum, öğrenmenin kalıcılığını destekleyen önemli bir faktördür (Harrison and Treagust, 2000).

Makroskobik gözlemler, kimyasal olayların yalnızca görünen kısmını yansıtır. Öğrenciler gözlemledikleri değişimleri doğrudan yorumlayabilir ama bu değişimlerin altında yatan tanecik düzeyindeki süreçleri anlamakta zorlanır. Bu durum, kimya eğitiminde sıkça karşılaşılan kavram yanlışlarının temel nedenlerinden biridir (Nakhleh, 1992).

Makroskobik gösterimlerin etkili olabilmesi için, bu düzeyde elde edilen verilerin diğer gösterim türleriyle ilişkilendirilmesi gerekir. Öğrencilerin gözlemledikleri olayları mikroskobik ve sembolik düzeylerle bağlantılı olarak düşünmeleri, daha derin bir kavramsal anlayış geliştirmelerini sağlar. Bu bağlamda çoklu temsil yaklaşımı, fen eğitiminde önemli bir öğretim stratejisi olarak öne çıkmaktadır (Talanquer, 2011). Ayrıca makroskobik gözlemler, öğrencilerin gözlem yapma, veri toplama, karşılaştırma ve sonuç çıkarma gibi bilimsel süreç becerilerinin gelişimine de katkıda bulunur. Ancak bu süreçte öğretmenin rehberliği büyük önem taşır; öğrencilerin yalnızca gözleme dayalı çıkarımlar yapmasının önüne geçilmelidir (Deveci ve Çepni, 2015). Kısacası makroskobik gösterim, kimya öğretiminde bir başlangıç noktasıdır. Tek başına yeterli değildir ama diğer düzeylerle bütünleştirildiğinde anlamlı ve kalıcı öğrenmenin temelini oluşturur.



Şekil 2.2: Altın metalinin makroskobik gösterimi (Gkitzia et al., 2019)

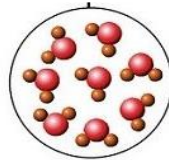
2.2.2 Altmikroskobik Gösterim

Altmikroskobik düzey, maddenin gözle görülemeyen, duyularla algılanamayan ve optik mikroskoplarla dahi doğrudan gözlemlenemeyen tanecikli yapısını ve bu yapıların dinamiklerini inceleyen zihinsel boyuttur (Johnstone, 1991). Bu düzeyde madde; tekil atomlar, moleküller, katyon ve anyon gibi iyonlar ile altmikroskobik parçacıklar olan elektron, proton ve nötronlar üzerinden tanılanır. Söz konusu taneciklerin sürekli ve rasgele

hareketleri, kinetik enerjileri, birbirleriyle yaptıkları esnek ve esnek olmayan çarpışmalar ile aralarındaki elektrostatik çekim ve itme kuvvetleri bu boyutun temel değişkenlerini oluşturur (Gilbert and Treagust, 2009).

Maddenin katı, sıvı veya gaz hallerindeki tanecikler arası boşluklar, bu boşlukların sıcaklık ve basınç değişimiyle nasıl şekillendiği ve faz dönüşümleri esnasında bağların kopması veya yeni etkileşimlerin kurulması süreçleri tamamen bu boyutta gerçekleşir (Taskin and Bernholt, 2015). Söz konusu boyut, fiziksel ve kimyasal olayların temelindeki neden- sonuç mekanizmasını ve tepkime dinamiklerini açıklama noktasında merkezi bir rol oynar. Örneğin bir kimyasal tepkimenin gerçekleşebilmesi için gerekli olan etkin çarpışma teorisi, aktivasyon enerjisi veya çözünme sürecinde çözücü ve çözünen tanecikleri arasında gerçekleşen hidratasyon olayları doğrudan altmikroskopik düzeyin çalışma alanına girer (Sirhan, 2007).

Doğrudan gözlem imkânı bulunmadığı için zihinde yapılandırması ve soyutlanması en zor katman olan altmikroskopik düzey; modeller, benzetimler (analojiler), bilgisayar simülasyonları ve moleküler animasyonlar aracılığıyla görselleştirerek kavranabilir hale getirilir (Talanquer, 2011). Böylece fiziksel dünyada gözlemlenen değişimlerin arkasında parçacık temelli gerçeklik bu zihinsel kavramda anlam kazanır hale gelir.



Şekil 2.3:Suyun altmikroskopik gösterimi (Gkitzia et al., 2019)

2.2.3 Sembolik Gösterim

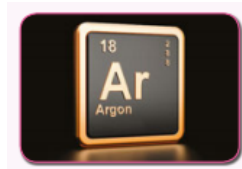
Sembolik gösterim, kimyasal olayların formüller, denklemler, grafikler ve matematiksel ifadelerle temsil edilmesidir. Kimyanın evrensel dili olarak kabul edilen bu gösterim türü, bilimsel bilgilerin kısa, sistematik ve anlaşılır biçimde aktarılmasını sağlar. Element sembolleri, kimyasal formüller ve tepkime denklemleri sembolik gösterimlere örnek verilebilir (Ayas ve Özmen, 2002).

Sembolik gösterimler kimya öğretiminde önemli bir yer tutar ama öğrenciler için çoğu zaman zorlayıcıdır. Bunun temel nedeni, sembollerin soyut yapısı ve bu sembollerin arkasındaki mikroskobik anlamların yeterince kavranamamasıdır. Öğrenciler çoğunlukla kimyasal denklemleri ezberleme eğilimindedir, ancak bu denklemlerin ifade ettiği süreçleri tam olarak anlayamazlar (Çalık ve Ayas, 2005).

Sembolik düzeyin etkili öğrenilebilmesi için, bu gösterimlerin makroskobik ve altmikroskobik düzeylerle ilişkilendirilmesi gerekir. Örneğin bir kimyasal tepkimenin denklemle ifade edilmesi, yalnızca sembollerle değil; aynı zamanda bu tepkimenin gözlemlenebilir sonuçları ve tanecik düzeyindeki açıklamalarıyla birlikte ele alınmalıdır. Bütüncül bir yaklaşım, öğrencilerin kavramsal anlamalarını artırır ve ezbere dayalı öğrenmenin önüne geçer (Köse, 2008).

Türkiye’de yapılan çalışmalar, öğrencilerin sembolik gösterimleri anlamada çeşitli güçlükler yaşadığını ortaya koyuyor. Özellikle kimyasal denklemlerin denkleştirilmesi, formüllerin yorumlanması ve semboller arasındaki ilişkilerin kurulması konularında hatalar sıkça görülmektedir. Bu durum, öğrencilerin sembolik düzeyi diğer gösterim türleriyle ilişkilendirememesinden kaynaklanmaktadır (Yılmaz ve Morgil, 2001).

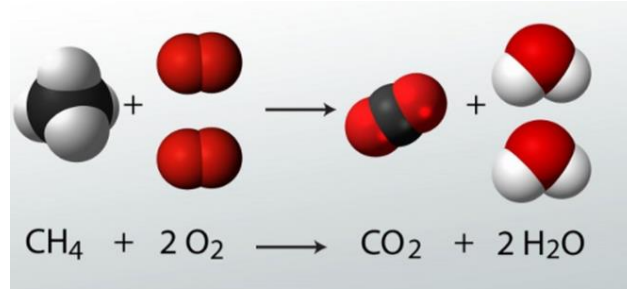
Sembolik gösterimler aynı zamanda öğrencilerin analitik düşünme ve problem çözme becerilerinin gelişiminde önemli rol oynar. Kimyasal hesaplamalar, tepkime denklemleri ve oran-orantı ilişkileri gibi konular sembolik düzey üzerinden yürütülür. Bu nedenle sembolik gösterimlerin doğru anlaşılması, kimya öğreniminin ilerleyen aşamaları için kritik bir öneme sahiptir.



Şekil 2.4:Argon elementinin sembolik gösterimi (MEB, 2018)

Birden fazla gösterim türünün birlikte kullanılmasına "çoklu gösterim" denir (Ainsworth, 2006). Bu yaklaşım, aynı kavramın öğrencilere farklı temsil biçimleriyle sunulmasına olanak tanır (Prainn and Waldrup, 2006). Öğrencilerin gerçek bir kimya anlayışı geliştirebilmesi

için, bu farklı gösterimler arasında ilişki kurabilmeleri gerekir (Gilbert and Treagust, 2009). Şekil 2.5'de metan gazının yanmasına yönelik bir çoklu gösterim verilmiştir.



Şekil 2.5:Çoklu gösterim örneği (Sembolik + altmikroskopik)

2.3 Sistematik Literatür Taraması

Sistematik literatür taraması, belirli bir araştırma sorusuna yönelik literatürün kapsamlı, şeffaf ve objektif bir şekilde incelenmesini sağlayan bir yöntemdir. Kitchenham'a (2004) göre sistematik literatür incelemesi, belirli bir araştırma sorusu doğrultusunda çalışmaların önceden belirlenmiş şeffaf kriterlerle seçilmesi, analiz edilmesi ve sentezlenmesi sürecidir. Lo (2020) ise bu yöntemi, araştırmacıların belirlediği çerçevede belirli bir konuya yönelik çalışmaları inceleyerek, bu alandaki araştırmaları belirli ölçütlere göre genel bir özet haline getirmesi olarak tanımlamaktadır.

Sistematik derlemeler, geleneksel anlatışla derlemelerden farklıdır. Geleneksel derlemelerde araştırmacının öznel yargıları devreye girebilirken, sistematik derlemeler önceden belirlenmiş bir protokole dayanır, tekrar edilebilirdir ve yanlışlık riskini en aza indirmeyi hedefler (Petticrew and Roberts, 2006). Bu nedenle sistematik derlemeler, alandaki eğilimleri ortaya koyma, araştırma boşluklarını belirleme ve gelecekte yapılacak çalışmalar için yön gösterme açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

Petticrew and Roberts'a (2006) göre sistematik derlemelerin temel özellikleri şunlardır:

- Belirli bir araştırma sorusuna odaklanır.
- Veri tabanı tarama stratejisi önceden tanımlanır.
- Dahil etme ve dışlama kriterleri net olarak belirlenir.
- Çalışmalar şeffaf ve tekrarlanabilir biçimde seçilir.
- Veriler standart kodlama şemalarıyla analiz edilir.

Bu özellikler, sistematik derlemeleri geleneksel derlemelerden ayıran temel unsurlardır. Sistematik derlemelerde sürecin her aşamasının ayrıntılı olarak raporlanması, başka araştırmacıların aynı çalışmayı tekrar edebilmesine olanak tanır. Bu durum, alanyazına yapılan katkının güvenilirliğini artıran önemli bir faktördür (Moher et al., 2009). Sistematik bir derleme genel olarak şu aşamalardan oluşmaktadır (Kitchenham and Charters, 2007):

1. Planlama: Araştırma sorusunun belirlenmesi, protokolün oluşturulması.
2. Tarama: Veri tabanlarında belirlenen anahtar kelimelerle arama yapılması.
3. Eleme: Dahil etme ve dışlama kriterlerine göre çalışmaların seçilmesi.
4. Kodlama: Seçilen çalışmalardan verilerin standart bir forma göre çıkarılması.
5. Analiz ve sentez: Elde edilen verilerin betimsel veya tematik olarak analiz edilmesi.
6. Raporlama: Bulguların şeffaf bir şekilde sunulması (PRISMA akış şeması sıklıkla kullanılır).

Bu çalışmada, kimyasal gösterimler konusunda yapılmış makale ve tezler yukarıda sıralanan aşamalar izlenerek analiz edilmiştir. Çalışmanın izlediği sistematik süreç, yöntem bölümünde ayrıntılı olarak açıklanmaktadır.

2.4 İlgili Çalışmalar

Literatürde kimya eğitimi alanında "kimyasal gösterimler" ile ilgili ulusal ve uluslararası düzeyde birçok çalışma bulunmaktadır. Ayrıca, kimya eğitiminde "sistematik literatür taraması" yöntemi kullanılarak yapılmış çalışmalar da mevcuttur. Bu bölümde, her iki alandaki ilgili araştırmalara yer verilmiştir.

2.4.1 Kimyasal Gösterimler ile İlgili Uluslararası Çalışmalar

Kimyasal gösterimler ile ilgili uluslararası alanyazında çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar genel olarak; öğrencilerin gösterim düzeylerini anlama ve düzeyler arası geçiş becerileri, görsel-uzamsal bilişin rolü, simülasyon ve animasyon gibi teknolojik araçların etkisi, farklı temsil türlerinin karşılaştırılması gibi temalar etrafında yoğunlaşmaktadır.

Bu araştırmaların bir bölümü, öğrencilerin kimyasal gösterimleri anlamada yaşadıkları zorluklar ve kavram yanılgılarını belirlemeye yöneliktir (Albalushi, 2014; Davidowitz et al., 2010; Ramnarain et al., 2012; Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019; Wu and Shah, 2004). Bunun yanı sıra, kimya eğitiminde temel bir konu olan kimyasal reaksiyonlar bağlamında

makroskobik, submikroskobik ve sembolik gösterimler arasındaki ilişkilerin öğrencilerin kavramsal anlamalarına etkisini araştıran çalışmalar da bulunmaktadır (Jaber and BouJaoude, 2012).

Teknolojik araçların kullanımına yönelik olarak simülasyon ve animasyon gibi uygulamaların öğrenci başarısına katkısı çeşitli çalışmalarda incelenmiştir (Li, 2016; Moore, 2014; Plass et al., 2012; Sopandi et al., 2018). Ayrıca, farklı gösterim türleri arasında bağlantı kurmaya yönelik pedagojik desteklerin etkisini test eden araştırmalar da mevcuttur (Prilliman, 2014; Rau, 2015).

Öğretmen adaylarına yönelik yapılan çalışmalar ise daha çok sınıf içi akıl yürütme süreçlerine odaklanmaktadır. Bu araştırmalarda, öğretmen adaylarının makroskobik, submikroskobik ve sembolik düşünme biçimlerinin yaygınlığı ve bu gösterimlerin akıl yürütme üzerindeki etkisi sorgulanmıştır (Becker et al., 2015). Bununla birlikte, öğretmen adaylarının kimyasal gösterimleri algılama düzeylerini belirlemek amacıyla kart sıralama yöntemi gibi farklı ölçme yaklaşımlarının kullanıldığı çalışmalar da bulunmaktadır (Head et al., 2017). Son olarak, öğrencilerin eğitim geçmişi ve akıl yürütme becerileri gibi bireysel değişkenlerin kimyasal gösterimleri anlaması üzerine yapılan araştırmalar da alanyazında yer almaktadır (Pavlin, 2019).

Çalışmalarda örneklem olarak ortaokul öğrencileri (Plass et al., 2012; Sopandi et al., 2018), lise öğrencileri (Albalushi, 2014; Davidowitz et al., 2010; Jaber and BouJaoude 2012; Pavlin, 2019; Ramnarain et al., 2012), üniversite öğrencileri (Li, 2016; Moore, 2014; Prilliman, 2014; Rau, 2015) ve öğretmen adayları (Becker et al., 2015; Head et al., 2017; Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019) ile çalışılmıştır.

Çalışmalarda veri toplama aracı olarak çoktan seçmeli başarı testleri, açık uçlu sorular ve iki aşamalı kavram testleri (Davidowitz et al., 2010; Head et al., 2017; Jaber and BouJaoude, 2012; Pavlin, 2019; Sopandi et al., 2018), çizim testleri ve yarı yapılandırılmış görüşmelerden (Alabalushi, 2014; Ramnarain et al., 2012), simülasyon ve animasyonlardan (Plass et al., 2012; Rau, 2015), video ve ses kayıtları (Becker et al., 2015) ile anket ve gözlem formları (Li, 2016; Moore, 2014; Priliman, 2014; Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019) kullanılmıştır.

Çalışmalarda araştırma deseni olarak ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel desen (Albalushi, 2014; Head et al., 2017; Jaber and BouJaoude, 2012; Plass et al., 2012; Rau, 2015; Sopandi et al., 2018), tarama deseni (Davidowitz et al., 2010; Pavlin, 2019) ve durum çalışması (Becker et al., 2015; Li, 2016; Moore, 2014; Prilliman, 2014; Ramnarain et al., 2012; Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019) kullanılmıştır.

Çalışmaların sonuçları değerlendirildiğinde, öğrencilerin tekil gösterim düzeylerinde (makroskobik veya sembolik) nispeten daha başarılı olduğu ancak düzeyler arası geçiş gerektiren durumlarda anlamlı derecede zorlandığı (Davidowitz et al., 2010; Li, 2016; Ramnarain et al., 2012), simülasyon ve animasyon kullanımının öğrencilerin altmikroskobik düzeyi anlamalarını desteklediği (Albalushi, 2014; Moore, 2014; Plass et al., 2012; Prilliman, 2014; Sopandi et al., 2018) görülmüştür.

2.4.2 Kimyasal Gösterimler ile İlgili Ulusal Çalışmalar

Kimyasal gösterimler ile ilgili ulusal alanyazında da çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaların çoğu kimya eğitimi alanında (Ağlarcı Özdemir vd., 2021; Demirdöğen vd., 2021; Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019; Yıldırım ve Yıldırım, 2023) yapılırken, fen bilgisi eğitimi alanında (Çokadar, 2013; Pabuçcu, 2016; Yıldırım ve Yıldırım, 2023) ve biyoloji eğitimi alanında da (Şevik, 2023) çalışmalar yürütülmüştür.

Bu çalışmalarda araştırmacılar; öğretmen adaylarının kimyasal tepkimeleri sınıflandırma, anlama ve yazma düzeylerini belirlemeyi (Çokadar, 2013), öğretmen adaylarının gaz basıncı ile ilgili bilgilerini günlük hayatla nasıl ilişkilendirdiklerini belirlemeyi (Pabuçcu, 2016), öğrenci ve öğretmen adaylarının kimyasal gösterimleri anlama düzeylerini belirlemeyi (Demirdöğen vd., 2021; Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019; Yıldırım ve Yıldırım, 2023), öğrencilerin çoklu gösterimlerdeki bilgi düzeylerini incelemeyi (Ağlarcı Özdemir vd., 2021) ve kavram karikatürü destekli argümantasyon yönteminin öğretmen adaylarının temel kimya kavramlarına (saf madde, molekül, atom, iyon, parçacık, element, bileşik, sulu çözelti) ilişkin kimyasal gösterimleri anlamalarına etkisini belirlemeyi (Şevik, 2023) amaçlamışlardır.

Çalışmalarda örneklem olarak lise öğrencileri (Ağlarcı Özdemir vd., 2021), üniversite öğrencileri (Demirdöğen vd., 2021) ve öğretmen adayları (Çokadar, 2013; Pabuçcu, 2016;

Şevik, 2023; Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019; Yıldırım ve Yıldırım, 2023) ile çalışılmıştır. Örneklem büyüklükleri 18 ile 160 kişi arasında değişmektedir.

Bu çalışmalarda veri toplama aracı olarak çoktan seçmeli başarı testleri ve açık uçlu testler (Ağlarcı Özdemir vd., 2021; Çokadar, 2013; Pabuçcu, 2016; Şevik, 2023), kelime ilişkilendirme testleri, yarı yapılandırılmış görüşme (Demirdöğen vd., 2021; Şevik, 2023; Yıldırım ve Yıldırım, 2023) ile ders planları ve gözlem formları (Demirdöğen vd., 2021) kullanılmıştır.

Çalışmalarda araştırma deseni olarak karma yöntem deseni (Ağlarcı Özdemir vd., 2021; Şevik, 2023), durum çalışması deseni (Demirdöğen vd., 2021; Pabuçcu, 2016; Yıldırım ve Yıldırım, 2023) ve tarama deseni (Çokadar, 2013) kullanılmıştır.

Çalışmaların sonuçları değerlendirildiğinde, öğrenci ve öğretmen adaylarının tekli gösterimlerde (özellikle makroskobik düzeyde) daha başarılı olduğu ancak altmikroskobik düzeyde anlama düzeylerinin düşük olduğu (Ağlarcı Özdemir vd., 2021; Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019) görülmüştür. Ayrıca öğretmen adaylarının kimyasal gösterimleri yorumlama ve gösterimler arasında doğru ilişkiler kurmada istenilen düzeyde başarılı olamadıkları (Demirdöğen vd., 2021; Pabuçcu, 2016; Yıldırım ve Yıldırım, 2023) belirlenmiştir. Bununla birlikte, argümantasyon temelli öğretim uygulamalarının, öğretmen adaylarının kimyasal gösterimleri (özellikle altmikroskobik ve sembolik düzeyler arasındaki geçişleri ve anlamlandırma) kavrama yetenekleri üzerinde olumlu etkisi olduğu tespit edilmiştir (Şevik, 2023).

2.4.3 Fen Eğitiminde Yapılan Sistematik Literatür Taraması ile İlgili Çalışmalar

Alanyazında fen eğitimi alanında farklı konularda sistematik literatür incelemesi yöntemiyle yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarda araştırmacılar, fen eğitiminin durumunu analiz etmeyi (Osborne and Dillon, 2008), sorgulamaya dayalı öğretimin öğrenci başarısına etkisini belirlemeyi (Minner et al., 2010), belirli bir konudaki (okul dışı öğrenme, astronomi, fen laboratuvarı, Web 2.0, eğitsel dijital oyun, çevre eğitimi, bilişsel yapı vb.) lisansüstü tezlerin veya makalelerin eğilimlerini ortaya koymayı (Avcı Daş ve Tecimer Altinel, 2026; Coşkun ve Arık, 2022; Çalışkan ve Çalışkan, 2025; Gültekin, 2023; Gürsoy ve Yıldırım Polat, 2023; Karakuzu vd., 2023; Kızmaz, 2025; Palta Benek ve Çirkinoğlu Şekercioğlu, 2026; Şahbaz vd., 2024), öğretim teknolojilerinin kullanıldığı öğrenme

ortamlarına ilişkin lisansüstü tezleri metodolojik açıdan incelemeyi (Çirkinoğlu Şekercioğlu vd., 2024), ışık konusuyla ilgili yayımlanmış lisansüstü tezlerin genel eğilimlerini ve metodolojik yapılarını (Çirkinoğlu Şekercioğlu ve Acar, 2025) ve harmanlanmış öğrenme modelinin fen öğretimine etkisini incelemeyi (Erol ve Kocakülâh, 2024) amaçlamışlardır.

Çalışmalarda incelenen yayın türleri bakımından; lisansüstü tezler (Coşkun ve Arık, 2022; Çalışkan ve Çalışkan, 2025; Çirkinoğlu Şekercioğlu vd., 2024; Çirkinoğlu Şekercioğlu ve Acar, 2025; Gültekin, 2023; Gürsoy ve Yıldırım Polat, 2023; Kızmaz, 2025; Palta Benek ve Çirkinoğlu Şekercioğlu, 2026; Şahbaz vd., 2024), makaleler (Avcı Daş ve Tecimer Altınal, 2026; Erol ve Kocakülâh, 2024; Karakuzu vd., 2023; Kızmaz, 2025; Minner et al., 2010; OsborneandDillon, 2008; Şahbaz vd., 2024) ve bildiriler (Kızmaz, 2025) ile çalışılmıştır.

Çalışmalarda araştırma deseni olarak karma yöntem deseni (Ağlarcı Özdemir vd., 2021; Şevik, 2023), durum çalışması deseni (Demirdöğen vd., 2021; Pabuçcu, 2016; Yıldırım ve Yıldırım, 2023) ve tarama deseni (Çokadar, 2013) kullanılmıştır.

Çalışmalarda örneklem olarak lise öğrencileri (Ağlarcı Özdemir vd., 2021), üniversite öğrencileri (Demirdöğen vd., 2021) ve öğretmen adayları (Çokadar, 2013; Pabuçcu, 2016; Şevik, 2023; Tarkin Çelikkıran ve Gökçe, 2019; Yıldırım ve Yıldırım, 2023) ile çalışılmıştır. Örneklem büyüklükleri 18 ile 160 kişi arasında değişmektedir.

Bu çalışmalarda veri toplama aracı olarak çoktan seçmeli başarı testleri ve açık uçlu testler (Ağlarcı Özdemir vd., 2021; Çokadar, 2013; Pabuçcu, 2016; Şevik, 2023), kelime ilişkilendirme testleri, yarı yapılandırılmış görüşmeler (Demirdöğen vd., 2021; Şevik, 2023; Yıldırım ve Yıldırım, 2023) ile ders planları ve gözlem formları (Demirdöğen vd., 2021) kullanılmıştır.

Çalışmaların sonuçları değerlendirildiğinde çeşitli bulgulara ulaşılmıştır. Fen derslerine ilginin ortaöğretimde düştüğü ve öğretim yöntemlerinin güncellenmesi gerektiği (Osborne and Dillon, 2008) belirlenmiştir. Aktif öğrenme yöntemlerinin geleneksel yöntemlere göre daha etkili olduğu (Minner et al., 2010) tespit edilmiştir. İncelenen tezlerin büyük çoğunluğunun yüksek lisans tezi olduğu (Coşkun ve Arık, 2022; Çirkinoğlu Şekercioğlu vd., 2024; Çirkinoğlu Şekercioğlu ve Acar, 2025; Gültekin, 2023; Palta Benek ve Çirkinoğlu Şekercioğlu, 2026; Şenyiğit, 2021) ve bu çalışmalarda en çok nicel araştırma yönteminin

tercih edildiği (Göltekin, 2023; Şenyiğit, 2021) görölmüşür. En çok kullanılan veri toplama aracının başarı testleri ve ölçekler olduğu (Coşkun ve Arık, 2022; Gürsoy ve Yıldırım Polat, 2023; Şenyiğit, 2021), en fazla çalışmanın 2018-2021 yılları arasında yapıldığı (Coşkun ve Arık, 2022; Gürsoy ve Yıldırım Polat, 2023; Kızmaz, 2025; Şahbaz vd., 2024) ve en çok çalışılan örneklem grubunun ortaokul öğrencileri olduğu belirlenmiştir (Şenyiğit, 2021).

Alanyazındaki mevcut çalışmalar incelendiğinde; literatürde yer alan araştırmaların büyük bir kısmı belirli konular ile sınırlı kalmış; temsil düzeylerinin bütüncül ve sistematik bir çerçevede nasıl ele alındığına dair derinlemesine bir analize duyulan ihtiyaç devam etmiştir. Uluslararası alanda yapılan çalışmalar ile ulusal çalışmaların örtüşme durumları ve 22 yıllık sürede nasıl değişim geçirdiğine bakılarak mevcut alanyazındaki boşluk giderilmeye çalışılmıştır. Mevcut literatürdeki bu boşluktan hareketle, bu araştırmada kimya öğretiminde üçlü temsil modelinin kullanımını daha geniş ve sistematik bir perspektiften ortaya koymak amaçlanmıştır.

3. YÖNTEM

3.1 Araştırmanın Modeli

Kimyasal gösterimleri konu alan çalışmaları incelemeyi amaçlayan bu araştırmada; Scopus, ERIC, Web of Science (WOS) veri tabanlarında yer alan makaleleri ve YÖK Tez veri tabanında yer alan lisansüstü tezleri analiz etmek amacıyla sistematik literatür incelemesi yapılmıştır. Sistematik literatür incelemesi, bir probleme çözüm bulmak amacıyla belirli bir alanda yürütülen tüm çalışmaların kapsamlı bir şekilde incelenmesidir. Çeşitli dahil etme kriterleri uygulanarak hangi çalışmaların derlemeye dahil edileceğinin belirlenmesini ve seçilen çalışmalardan elde edilen verilerin toplanarak sentezlenmesini içerir (Karaçam, 2013).

3.2 Veri Toplama Süreci

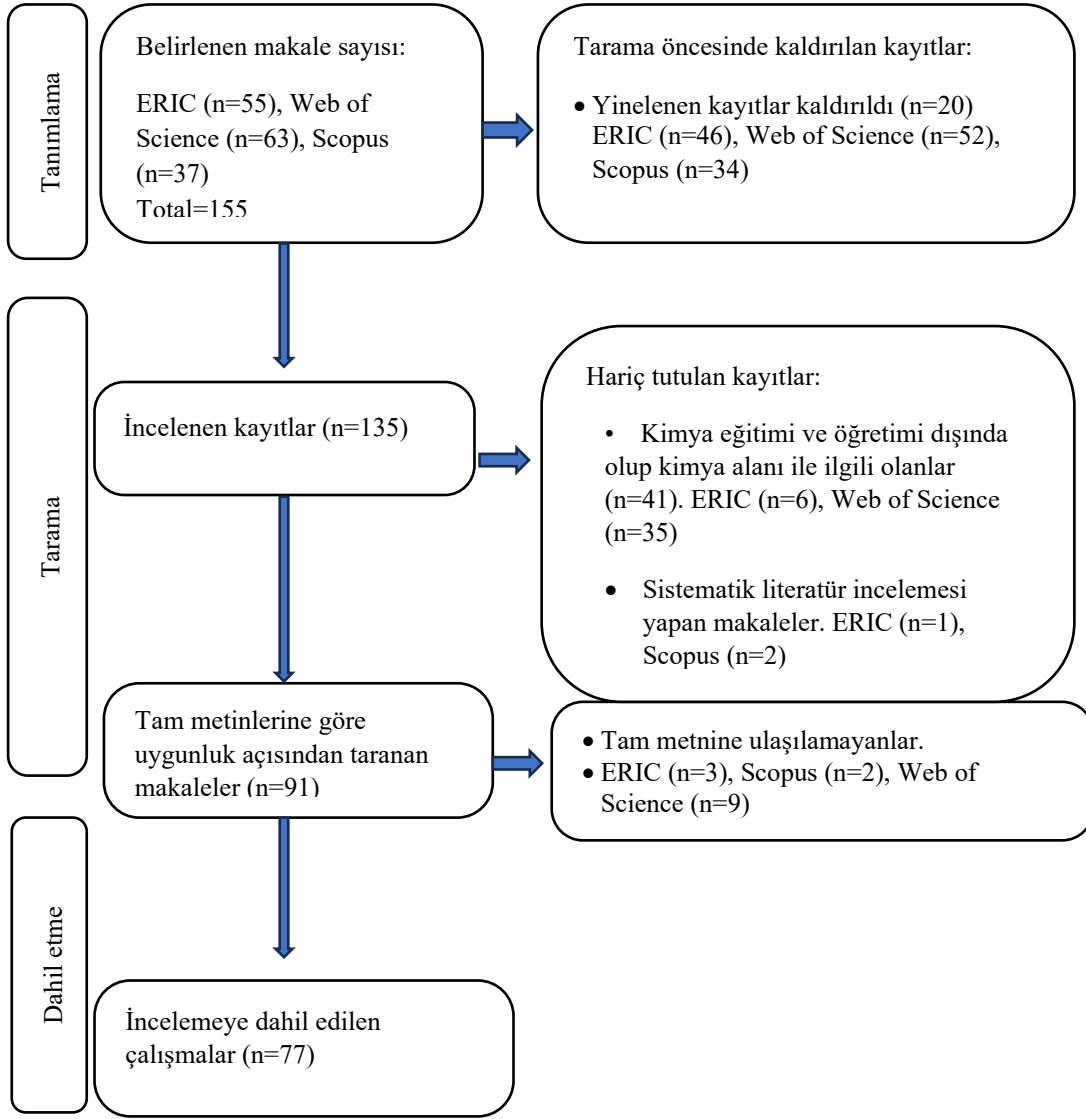
Bu çalışmada, kimyasal gösterimlere yönelik akademik araştırmaları belirlemek amacıyla sistematik bir tarama süreci gerçekleştirilmiştir. Tarama işlemi, eğitim ve fen bilimleri alanında yüksek akademik itibara sahip olan SCOPUS, ERIC, Web of Science ve YÖK TEZ veri tabanlarında yürütülmüştür. Bu veri tabanları, dünya çapında ve farklı bilimsel alanlar ve disiplinler arasında yayınlanan hakemli bilimsel ve akademik literatürü içeren uluslararası kabul görmüş etki endekslerine dayanmaktadır (Salisbury, 2009).

Tarama süreci, metodolojik şeffaflığı ve tekrarlanabilirliği sağlamak amacıyla PRISMA (Sistematik Derlemeler ve Meta-Analizler için Tercih Edilen Raporlama Ögeleri) kılavuzuna uygun olarak yürütülmüştür (Page et al., 2021). İncelemenin farklı aşamalarındaki bilgi akışı, tespit edilen, dahil edilen ve hariç tutulan kayıtların sayısını ve hariç tutma gerekçelerini gösterecek şekilde Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

Sistematik literatür taraması, “Konu” alanında (Başlık, Özet ve Anahtar Kelimeler dahil) şu anahtar kelimeler kullanılarak gerçekleştirilmiştir: ((“chemical representation” OR “multiple representation”) AND (“chemistry education” OR “chemistry learning” OR “chemistry teaching”)) and Article (Document Types) and English (Languages) and Education Educational Research (Research Areas) and Triplet (Search with in all Fields)). İlk aramanın ardından, aşağıda özetlenen dahil etme ve hariç tutma kriterlerine dayalı olarak çok aşamalı bir seçim süreci uygulanmıştır.

- **Kriter 1:** Çalışmanın temel odak noktası, makalelerin kimyasal gösterimler konusunu ele almasıdır.
- **Kriter 2:** Çalışma 2003 ile 2025 yılları arasında yayınlanmış olmalıdır. Bu zaman aralığı hem temel hem de güncel araştırma eğilimlerini yakalamak için seçilmiştir.
- **Kriter 3:** Çalışma, ERIC, Scopus ve Web of Science veri tabanlarında yayınlanmış, hakemli ve özgün bir araştırma makalesi olmalıdır. Ayrıca YÖK TEZ veri tabanında yer alan yüksek lisans veya doktora tezi olmalıdır. Kongre bildirileri, kitap bölümleri, derleme makaleleri ve başyazılar hariç tutulmuştur.
- **Kriter 4:** ERIC, Scopus ve Web of Science veri tabanlarında yayınlanmış olan makalelerden yalnızca İngilizce dilinde yayımlanmış çalışmalara odaklanılmış; diğer dillerdeki yayınlar çalışmaya dâhil edilmemiştir.
- **Kriter 5:** Tam metnine erişilebilen ve içerik analizine uygun olan çalışmalar incelenmiştir. Ayrıca, kimya eğitimi kapsamında farklı konuları ele alan ancak doğrudan kimyasal gösterimler ile ilgili olmayan yayınlar hariç tutulurken; doğrudan kimyasal gösterimlere yönelik odaklanan çalışmalar araştırmaya dahil edilmiştir.

Bu sistematik seçim süreci sonucunda, tüm dahil etme kriterlerini karşılayan toplam 77 makale ve 8 lisansüstü tez belirlenerek analize dahil edilmiştir. Detaylı seçim süreci PRISMA akış diyagramında Şekil 3.1’de sunulmuştur.



Şekil 3.1: PRISMA 2020 Akış Diyagramı

3.3 Veri Toplama ve Analizi

Araştırmada makale inceleme kriterlerini oluşturmak için öncelikle alanyazında makalelerin incelenmesi ile ilişkili yayımlanmış makaleler incelenmiştir. İnceleme sonucunda makaleleri sınıflandırmak amacıyla daha önce Sözbilir vd., (2012) tarafından geliştirilen makale sınıflama formu temel alınarak iki form hazırlanmıştır (Tablo 3. 1). Bu formlardan birincisi; makalenin adı, amacı, konusu, yöntemi, örneklem (örneklem türü, örneklem büyüklüğü), veri toplama araçları, veri analiz yöntemleri, sonuç ve öneri gibi bölümleri ikincisi ise; tezlerin araştırma düzeyini, hangi üniversitelerde ve hangi şehirlerde yürütüldüğünü, veri toplama araçları, örnekleme yöntemi, araştırma deseni, örneklem büyüklüğünü içermektedir.

Veri toplama süreci Ekim 2025'te gerçekleştirilmiştir. ERIC, Scopus, Web of Science ve YÖK TEZ veri tabanlarında sistematik bir literatür taraması yapılmış ve belirlenen makaleler ve tezler analiz için Microsoft Word'e aktarılmıştır. Makale ve tez sınıflandırma formundan elde edilen veriler Microsoft Word'e kaydedilmiştir.

Veri analizi iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, betimsel bulgular (örneğin yayın yılı, dergi, araştırma yöntemleri, örneklem özellikleri) betimsel istatistikler (frekanslar ve yüzdeler) kullanılarak analiz edilmiş ve tablolar ile şekiller halinde sunulmuştur (Sözbilir vd., 2015). Makalelerin ve tezlerin başlıkları, kullanılan araştırma desenleri, örneklem özellikleri, veri toplama araçları ve veri analizi türleri gibi temalar betimsel analiz yoluyla elde edilmiş ve bulgular grafikler, yüzdeler ve frekans tabloları ile sunulmuştur.

İkinci olarak, makalelerin ana temaları belirlemek amacıyla içerik analizi yapılmıştır. Temaların verinin kendisinden ortaya çıktığı tümevarımsal bir kodlama yaklaşımı kullanılmıştır (Yıldırım ve Şimşek, 2021). Makalelerin ve tezlerin amaçlarına, sonuçlarına ve önerilerine ilişkin veriler içerik analizi ile analiz edilmiş ve bu bulgular da aynı görselleştirme teknikleri (frekans tabloları) kullanılarak Tablo 3.1'de sunulmuştur.

Tablo 3.1: Makale ve tez sınıflandırma formu

Makale Sınıflandırma Formu	Tez Sınıflandırma Formu
• Makalenin Yazar/ları • Yayınlandığı Dergi • Yıllara göre Dağılım • Yapılan Ülkeler • Anahtar Kelimeler • Örneklem Türü • Araştırma Desenleri • Veri Toplama Araçları • Veri Analiz Yöntemleri • Sonuçlar • Öneriler	• Tez Yazarı • Araştırma Düzeyleri • Yayınlandığı Üniversiteler • Yürütüldüğü Şehirler • Yazıldığı Enstitüler • Örneklem Büyüklüğü • Örneklem Türü • Araştırma Desenleri • Veri Toplama Araçları • Veri Analiz Yöntemleri • Sonuçlar • Öneriler

3.4 Geçerlik ve Güvenirlik

Analize başlamadan önce, araştırmacılar tarafından kullanılmak üzere bir kodlama formu geliştirilmiştir. Bu form geliştirilirken, Tablo 3.1’de sunulan makale sınıflandırma formunda belirtilen özellikler dikkate alınmış ve araştırma amacı doğrultusunda incelenen makalelerin incelenmesi sırasında ortaya çıkacak eğilimlerin belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında belirlenen makalelerin tamamı araştırmacı tarafından incelenmiş ve Tablo 3.1’de listelenen özellikler açısından analiz edilmiştir. Kimya eğitimi alanında uzman başka bir araştırmacı tarafından makalelerin %20’si olan 15 makale ve 2 yüksek lisans tezi analiz edilmiştir. Araştırmacılar tarafından oluşturulan iki ayrı formdaki kodlar, kodlayıcılar arası güvenilirliği belirlemek amacıyla karşılaştırılmıştır (Miles and Huberman, 1994).

Araştırmacılar arasındaki uzlaşma yüzdesini hesaplamak için Miles and Huberman (1994) güvenilirlik formülü [$\text{Güvenirlik} = \text{Uzlaşma} / (\text{Uzlaşma} + \text{Uzlaşmazlık})$] kullanılmıştır. Kodlayıcılar arasındaki uzlaşmayı gösteren güvenilirlik %94 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar uzlaşmanın sağlandığını göstermektedir (Miles and Huberman, 1994). Görüş ayrılıkları, tartışma ve ortak bir fikir birliği (konsensüs) yoluyla çözülmüştür. Geçerlik tehditlerini en aza indirmek için analiz aşamalarında nesnellik korunmuştur.

4. BULGULAR

Bu bölümde, 2003-2025 yılları arasında kimyasal gösterimler ile ilgili yapılan çalışmaların yıl, yayın türü, yayımlandıkları yer, amaç, araştırma yöntemi, örneklem türü, örneklem büyüklüğü, veri toplama aracı, veri analiz yöntemi, sonuç ve öneri değişkenlerine göre analiz bulgularına yer verilmiştir. Bulgular alt problemlere cevap olacak şekilde tablo ve grafiklerle açıklanmıştır. Bölümün ilk kısmında, YÖK TEZ veri tabanında yer alan lisansüstü tezlerin bulguları, ikinci kısmında ERIC, Scopus ve Web of Science veri tabanlarında yer alan makalelerin bulguları yer almaktadır.

4.1 YÖK TEZ Veri Tabanındaki Lisansüstü Tezlerin Tanımlayıcı Özelliklerine Ait Bulgular

4.1.1 Lisansüstü Tezlerin Yıllara Göre Dağılımı

Araştırmanın birinci alt problemi ile ilgili olarak lisansüstü tezlerin yayımlandığı yıllara göre dağılımına ilişkin bulgular Tablo 4.1’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.1: Tezlerin yıllara göre dağılımı

Yıllar	f	%
2019	2	25
2022	1	12,5
2023	4	50
2025	1	12,5
Genel Toplam	8	100

Tablo 4.1 incelendiğinde, araştırma kapsamına alınan lisansüstü tezlerin yıllara göre dağılımı görülmektedir. Kimyasal gösterimler üzerine yapılan çalışmaların yıllar bazında homojen bir dağılım göstermediği ve belirli dönemlerde yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. Veriler doğrultusunda, en yüksek çalışma oranına %50 (f=4) ile 2023 yılında ulaşıldığı görülmektedir. Bu yılı sırasıyla %25 (f=2) ile 2019 yılı, %12,5 (f=1) ile 2022 yılı ve yine %12,5 (f=1) ile 2025 yılı takip etmektedir. İncelenen dönemde 2020, 2021 ve 2024 yıllarında ise bu konuda herhangi bir tez çalışmasına rastlanmamıştır.

4.1.2 Lisansüstü Tezlerin Yapıldığı Üniversitelerin Dağılımı

Araştırmanın birinci alt problemi ile ilgili olarak lisansüstü tezlerin hazırlandığı üniversitelere göre dağılımlarına ilişkin bulgular Tablo 4.2’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.2: Tezlerin hazırlandığı üniversitelere göre dağılımı

Üniversite	f	%
Balıkesir Üniversitesi	3	37,5
Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi	3	37,5
Sivas Cumhuriyet Üniversitesi	1	12,5
Van Yüzüncü Yıl	1	12,5
Genel Toplam	8	100

Tablo 4.2 incelendiğinde, 8 lisansüstü tezin 3'ünün (%37,5) Balıkesir Üniversitesi ve Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi'nde hazırlandığı 1'er (%12,5) tezin ise Sivas Cumhuriyet Üniversitesi ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesinde yapıldığı görülmektedir.

4.1.3 Lisansüstü Tezlerin Yürütüldüğü Şehirlerin Dağılımı

Araştırmanın birinci alt problemi “Kimyasal gösterimler ile ilgili çalışmaların (makaleler ve tezler) tanımlayıcı özellikleri incelendiğinde; Tezlerin yürütüldüğü şehirlere göre dağılımları nasıldır?” şeklinde olup bu probleme ilişkin bulgular Tablo 4.3’ de gösterilmiştir.

Tablo 4.3: Tezlerin yürütüldüğü şehirlere göre dağılımı

Üniversite	f	%
Balıkesir	3	37,5
Zonguldak	3	37,5
Sivas	1	12,5
Van	1	12,5
Genel Toplam	8	100

Tezlerin yürütüldüğü şehirlere ilişkin veriler Tablo 4.3’ de sunulmuştur. Üniversite dağılımlarıyla paralel olarak, çalışmaların en çok Balıkesir ve Zonguldak (%37,5, f=3) illerinde gerçekleştirildiği görülmüştür. Sivas ve Van illeri ise %12,5’lik (f=1) olduğu görülmüştür.

4.1.4 Lisansüstü Tezlerin Yürütüldüğü Enstitülerin Dağılımı

Araştırmanın birinci alt problemi ile ilgili olarak lisansüstü tezlerin yürütüldüğü enstitülere göre dağılımlarına ilişkin bulgular Tablo 4.4’de gösterilmiştir.

Tablo 4.4: Tezlerin enstitülere göre dağılımları

Enstitü	f	%
Fen Bilimleri Enstitüsü	7	87,5
Eğitim Bilimleri Enstitüsü	1	12,5
Genel Toplam	8	100

Tablo 4.4’ de yer alan veriler, kimyasal gösterimlerle ilgili tezlerin büyük bir çoğunluğunun (%87,5, f=7) Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde hazırlandığını göstermektedir. Eğitim Bilimleri Enstitüsü ise %12,5’lik (f=1) bir oran olduğu görülmüştür.

4.2 YÖK TEZ Veri Tabanındaki Lisansüstü Tezlerin Metodolojik Özelliklerine Ait Bulgular

4.2.1 Lisansüstü Tezlerin Araştırma Yöntemlerinin Dağılımı

Araştırmanın ikinci alt problemi ile ilgili olarak kimyasal gösterimler ile ilgili lisansüstü tezlerde tercih edilen araştırma yöntemlerine/desenlerine ilişkin bulgular Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5 Tezlerin araştırma yöntemlerine/desenlerine göre dağılımı

Araştırma Yöntemi	Desen/Tasarım	f	%
Nitel	Durum Çalışması	6	75
Nicel	Tarama	1	12,5
Karma		1	12,5
Genel Toplam		8	100

Tablo 4.5’de yer alan veriler incelendiğinde, incelenen tezlerin büyük bir çoğunluğunun (%75, f=6) nitel araştırma yöntemine dayalı durum çalışması deseniyle tasarlandığı görülmektedir. Nicel araştırma yaklaşımlarından tarama deseni %12,5 (f=1) oranında kalırken, karma araştırma deseninin ise %12,5 (f=1) olduğu görülmüştür.

4.2.2 Lisansüstü Tezlerin Örneklem Büyüklüklerinin Dağılımı

Araştırmanın ikinci alt problemi kapsamında, kimyasal gösterimler ile ilgili lisansüstü tezlerin örneklem büyüklüklerine ilişkin 8 tezin her birinin farklı birer örneklem büyüklüğüne sahip olduğu görülmüştür. Araştırmaların büyük bir kısmında (8 tezen 7’sinde) örneklem sayısının 3 ile 26 arasında değişmektedir. Sadece tek bir tezde 366 kişiden oluşan geniş bir örneklem grubuyla çalışılmıştır. Lisansüstü tezlerin örneklem türüne ilişkin bulgular Tablo 4.6’da gösterilmiştir.

Tablo 4.6: Tezlerin örneklem türüne göre dağılımı

Örneklem Türleri	f	%
Doküman	3	33,3
Öğretmen	3	33,3
Öğretmen Adayı	3	33,3
Genel Toplam	9	100

Tablo 4.6 incelendiğinde, incelemeye alınan toplam 8 çalışmanın birinde hem öğretmen hem de öğretmen adayları ile birlikte yer verildiği için frekans değeri 9 olarak belirlenmiştir. Çalışmalar örneklem türlerine göre değerlendirildiğinde; doküman incelemesine (%33,3; f=3), öğretmenler ile yürütülen çalışmaların (%33,3; f=3) ve öğretmen adayları ile yürütülen çalışmaların (%33,3; f=3) eşit frekans ve oranlara sahip olduğu görülmektedir.

4.2.3 Lisansüstü Tezlerde Kullanılan Veri Toplama Araçlarının Dağılımı

Araştırmanın ikinci alt problemi kapsamında, kimyasal gösterimler ile ilgili lisansüstü tezlerde kullanılan veri toplama araçlarına ilişkin bulgular Tablo 4.7’de verilmiştir.

Tablo 4.7: Tezlerin veri toplama araçlarına göre dağılımı

Veri Toplama Araçları	f	%
Görüşme formu	5	38,46
Doküman İncelemesi	3	23,08
Açık uçlu	2	15,38
Test	1	7,69
Çoktan seçmeli	3	23,08
Toplam	2	15,38
Ölçek	13	100
Genel Toplam		

İncelenen lisansüstü tezlerde kullanılan veri toplama araçlarının dağılımı Tablo 4.7’de verilmiştir. Tezlerde birden fazla veri toplama aracı kullanıldığı için toplam frekans 13’e ulaşmıştır. En sık tercih edilen veri toplama aracının %38,46 (f=5) oranıyla yarı yapılandırılmış görüşme olduğu görülmektedir. Bunu %23,08 (f=3) oranıyla doküman incelemesi ve tekrar %23,08 (f=3) oranıyla testler gelmektedir. Testler incelendiğinde, açık uçlu testlerin %15,38 (f=2), çoktan seçmeli testlerin ise %7,69 (f=1) oranında kullanıldığı görülmüştür. Ölçek kullanımı ise %15,38 (f=2) düzeyinde kaldığı görülmüştür.

4.2.4 Lisansüstü Tezlerde Kullanılan Veri Analiz Yöntemlerinin Dağılımı

Araştırmanın ikinci alt problemi kapsamında, kimyasal gösterimler ile ilgili lisansüstü tezlerde kullanılan veri analiz yöntemlerine ilişkin bulgular Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8: Tezlerin veri analiz yöntemlerine göre dağılımı

Veri Analizi		f	%
Nitel	İçerik analizi	6	42,85
	Betimsel Analiz	5	35,71
Nicel	Bağımlı örneklem t testi	1	7,14
	Bağımsız örneklem t testi	1	7,14
	ANOVA	1	7,14
Genel Toplam		14	100

Tablo 4.8 incelendiğinde, veri analiz yöntemlerinin genel olarak nitel ve nicel olmak üzere iki ana kategoride toplandığı görülmektedir. En yüksek kullanım oranına %42,85 (f=6) ile nitel veri analizi yöntemlerinden içerik analizi sahiptir. Nicel veri analizi teknikleri arasında bağımlı örneklem t-testi, bağımsız örneklem t-testi ve ANOVA testlerinin her birinin eşit oranda (%9,09, f=1) yer aldığı görülmüştür. Tablodaki değişikliklere göre yorumda değişecek.

4.2.5 Lisansüstü Tezlerde Ulaşılan Sonuçların Dağılımı

Araştırmanın dördüncü alt problemi kapsamında, kimyasal gösterimler ile ilgili lisansüstü tezlerde ulaşılan sonuçlara ilişkin bulgular Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9: Tezlerin sonuçlarına göre dağılımı

Kategori	Sonuçlar	f	%
Kavramsal anlamaya yönelik	Kimyasal kavramların öğrenilme düzeyi, kavram yanlışlarının tespiti ve giderilmesi	5	62,5
Temsil yetkinliği ve gösterim becerileri	Öğrencilerin makroskobik, mikroskobik ve sembolik gösterim düzeylerini anlama ve bu düzeyler arası geçiş becerileri	2	25
Materyal/ araç geliştirmeye yönelik	Öğretim sürecinde kullanılan dijital araçlar, modeller ve materyallerin etkili olması	1	12,5
Genel Toplam		8	100

Tablo 4.9, incelenen lisansüstü tezlerin ulaştığı sonuçların tematik alanlara göre dağılımını göstermektedir. Bulgular incelendiğinde, tezlerin büyük bir çoğunluğunun (%62,5; f=5) “Kavramsal Anlama” odaklı sonuçlara ulaştığı görülmektedir. İkinci sırada %25,0 (f=2) oranıyla “Temsil Becerileri ve Gösterim Yetkinliği” kategorisi yer almaktadır.

Bu gruptaki sonuçlar, öğrencilerin kimyadaki üçlü gösterim düzeylerini (makroskobik, mikroskobik, sembolik) kullanma ve düzeyler arası dönüşüm sağlama yetkinliklerini ele almaktadır. Son olarak, tezlerin %12,5’inde (f=1) “Materyal ve Araç Geliştirme”ye yönelik sonuçların yer aldığı görülmektedir.

4.2.6 Lisansüstü Tezlerde Sunulan Önerilerin Dağılımı

Araştırmanın 4. alt problemi kapsamında, kimyasal gösterimler ile ilgili lisansüstü tezlerin önerilerine ilişkin bulgular Tablo 4.10’da verilmiştir.

Tablo 4.10: Tezlerde sunulan önerilerin dağılımı

Kategori	Öneriler	f	%
Öğretmen eğitimi	Hizmet içi ve hizmet öncesi eğitimler düzenlenmeli.	2	25
Ders kitapları	Ders kitaplarının görselleri zenginleştirilmeli	2	25
Sınıf içi öğretim	Anlamayı kolaylaştırıcı ve somutlaştırıcı modeller kullanılmalı.	2	25
Gelecek araştırmalar	Farklı bağlamlarda uygulama yapılmalı.	1	12,5
Ölçme ve değerlendirme	Ölçme araçlarından üçlü gösterim düzeylerini ölçen görsellere yer verilmeli.	1	12,5
Genel Toplam		8	100

Tablo 4.10 incelendiğinde, kimyasal gösterimler ile ilgili tezlerin önerilerinin 6 grupta toplandığı görülmektedir. En çok “Öğretmen eğitime yönelik öneriler”, “Ders kitaplarına yönelik öneriler” ve “Sınıf içi öğretim” kategorisinde toplanmıştır (f=2; %25). Daha sonra ise, “Gelecek araştırmalara öneriler” ve “Ölçme ve değerlendirmeye yönelik öneriler” (f=1; %12,5) gelmektedir.

4.3 Makalelerin Tanımlayıcı Özelliklerine Ait Bulgular

Kimyasal gösterimlerle ilgili olarak, Ekim 2025'e kadar ERIC, Scopus ve Web of Science veri tabanlarından elde edilen 77 makalenin yıllara göre dağılımı, dergilere ve anahtar kelimelere göre değerlendirilmiştir. Analize dahil edilen 77 makalenin tamamı, uluslararası düzeyde kimya eğitimi alanında hakemli dergilerde yayınlanmıştır. Yazarların milliyeti açısından değerlendirildiğinde, 75 makalenin yalnızca yabancı yazarlar tarafından, 1 makalenin yalnızca Türk yazar tarafından ve 1 makalenin Türk ve yabancı yazarların ortak çalışması olduğu belirlenmiştir.

4.3.1 Makalelerin Yayımlandığı Dergilerin Dağılımı

Bu bölümde, araştırmanın birinci alt problemi kapsamında, kimyasal gösterimler ile ilgili makalelerin yayımlandığı dergilere ilişkin bulgular Tablo 4.11’de sunulmuştur.

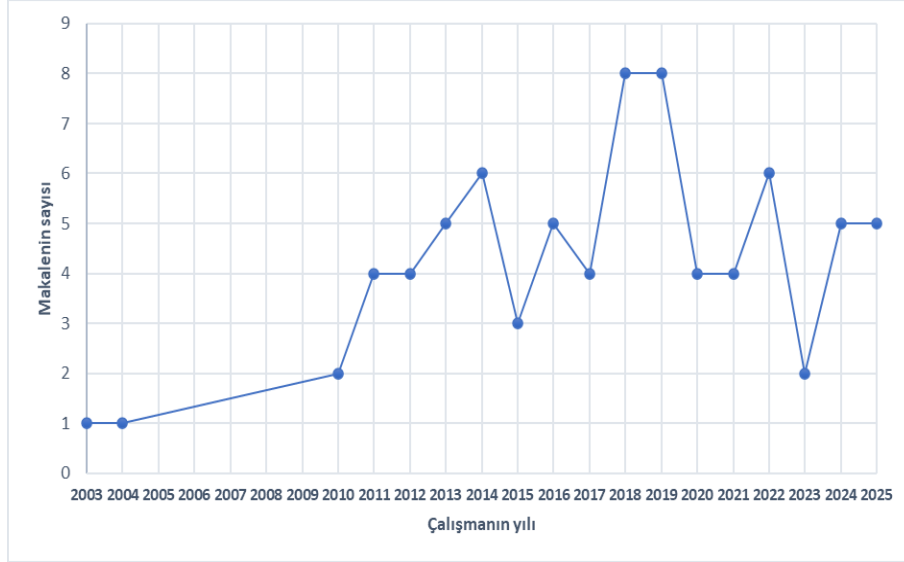
Tablo 4.11: Makalelerin yayımlandığı dergilerin dağılımı

Dergiler	f	%
Chemistry Education Research and Practice	33	42,86
Journal of Chemical Education	10	12,99
International Journal of Science Education	8	10,39
Journal of Science Education and Technology	3	3,90
International Journal of Science and Mathematics Education	2	2,60
Journal of Research in Science Teaching	2	2,60
Science Education	2	2,60
Education Sciences	2	2,60
Instructional Science	2	1,30
Acta Didactica Napocensia	1	1,30
International Journal of Learning, Teaching and Education Research	1	1,30
Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching	1	1,30
International Journal of Instruction	1	1,30
Research in Science Education	1	1,30
Cakrawala Pendidikan	1	1,30
Periodica Tche Quimica	1	1,30
International Journal of Evaluation and Research in Education	1	1,30
Discover Education	1	1,30
International Journal of Artificial Intelligence Education	1	1,30
Chemistry Teacher International	1	1,30
Jurnal Penelitiandan Pembe Lajaran IPA	1	1,30
Educacion Quimica	1	1,30
Toplam	77	100

Tablo 4.9 incelendiğinde çalışmada analiz edilen 77 makalenin yayımlandığı dergilerin analiz sonuçlarına göre, makalelerin büyük çoğunluğu “Chemistry Education Research and Practice” (%42,86, f=33) ve “Journal of Chemical Education” (%12,99, f=10) dergilerinde yayınlanmıştır. Bunları “International Journal of Science Education” (%10,39, f=8) ve “Journal of Science Education and Technology” (%3,90, f=3) takip etmektedir. Diğer dergilerin her biri birer frekansa sahiptir (%1,30).

4.3.2 Makalelerin Yayımlandığı Yıllara Göre Dağılımı

Bu bölümde, araştırmanın birinci alt problemi doğrultusunda, kimyasal gösterimler ile ilgili makalelerin yayımlandığı yıllara ilişkin bulgular Şekil 4.1’de sunulmuştur.



Şekil 4.1: Makalelerin yıllara göre dağılımı

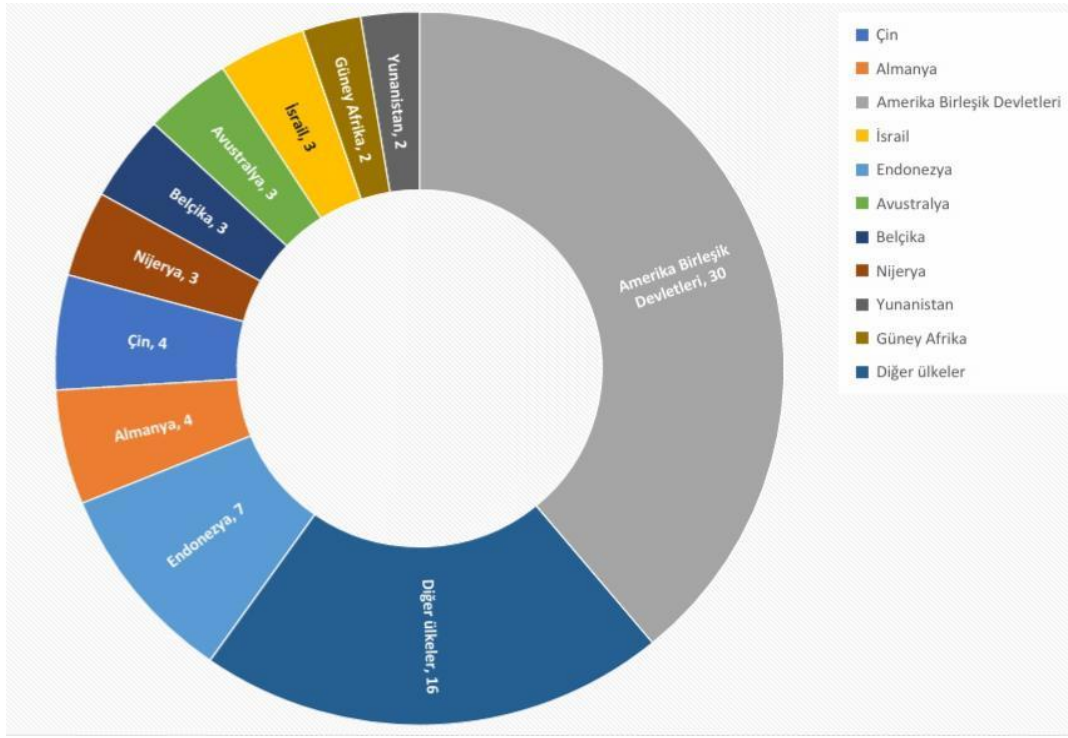
Şekil 4.1’de yer alan verilere göre, bu alandaki araştırmaların büyük çoğunluğu 2017’den sonra yapılmıştır. 2018 ve 2019 yıllarında (8 makale) yayınlanan makale sayısında önemli bir artış olmuş, bunu 2022 (6 makale) ve 2025, 2024 ve 2016 (her biri 5 makale) yılları izlemiştir. Buna karşılık, 2003 ve 2004 yıllarında sadece bir çalışma yayınlanmıştır.

4.3.3 Makalelerde Araştırmaların Yürütüldüğü Ülkelere Göre Dağılımı

Araştırmanın birinci alt problemi doğrultusunda, kimyasal gösterimler ile ilgili makalelerde araştırmaların yürütüldüğü ülkelere ilişkin bulgular Şekil 4.2’de sunulmuştur. Şekil 4.2 incelendiğinde, çalışmaların toplam 24 farklı ülkede gerçekleştirildiği görülmektedir. Ayrıca üç çalışma birden fazla ülkeyi kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu çok ülkeli çalışmalardan biri Birleşik Krallık ile Endonezya’yı, biri Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ile Avustralya’yı, diğeri ise Tayvan ile Birleşik Krallık birlikte ele almıştır.

Kıtasal dağılım incelendiğinde, Kuzey Amerika (N = 30) en yüksek yayın sayısına ulaşarak öne çıkmaktadır. Bu yoğunluğun tamamını ABD’de yapılan çalışmalar (N=30) oluşturmaktadır. Asya kıtası, toplam 20 yayın ile ikinci sırada yer almakta olup; Endonezya (N=7), Çin (N=4) ve İsrail (N=3) en fazla çalışma yapılan ülkelerdir. Asya’da ayrıca Türkiye, Filipinler, Malezya, Umman, Lübnan ve Tayvan’da (her biri N=1) çalışmalar

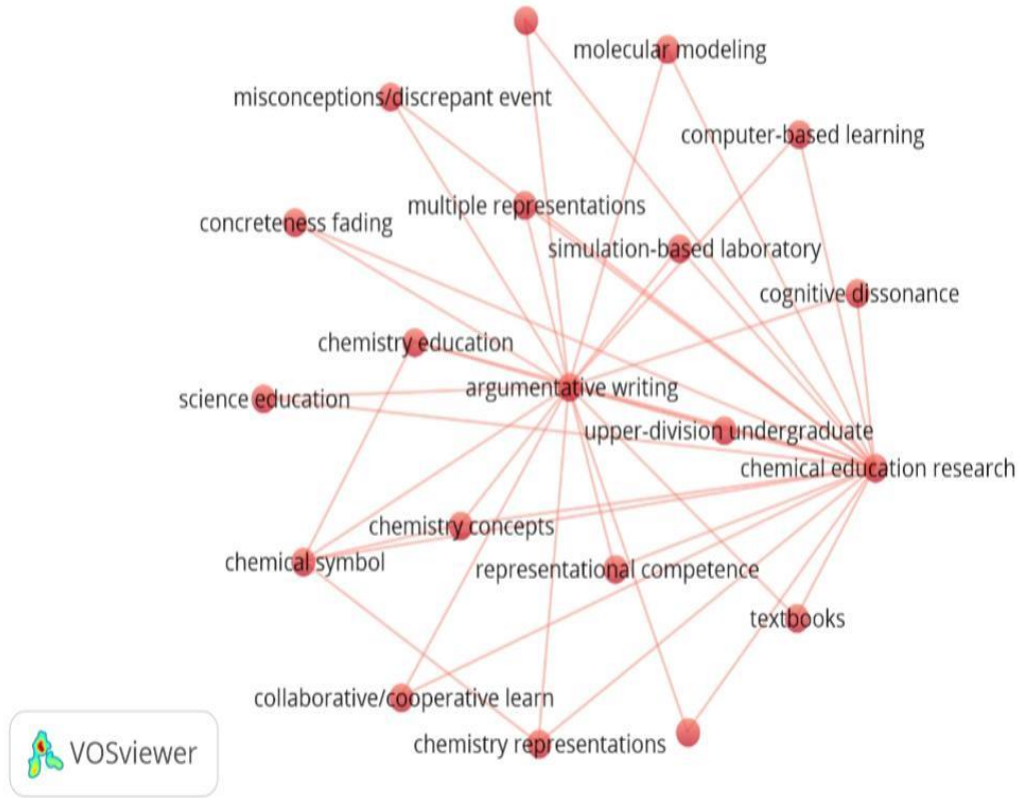
bulunmaktadır. Avrupa kıtası 15 yayın ile üçüncü sırada yer almakta; Almanya (N = 4), Belçika (N = 3), Yunanistan (N = 2) öne çıkan ülkeler olurken; Rusya, Birleşik Krallık, Çek Cumhuriyeti, İsveç, Slovenya ve Portekiz’de (her biri N = 1) çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Az sayıda yayının bulunduğu Afrika (N=5; Nijerya 3, Güney Afrika 2) ve Okyanusya (N=4; Avustralya 3, Yeni Zelanda 1) olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2: Araştırmaların yürütüldüğü ülkelere göre dağılımı

4.3.4 Makalelerde Yer Alan Anahtar Kelimelerin Dağılımı

Araştırmanın birinci alt problemi doğrultusunda, kimyasal gösterimler ile ilgili makalelerde yer alan anahtar kelimelerin dağılımı VOSviewer programı kullanılmıştır. Makalelerde bildirilen anahtar kelimelerin eksikliği nedeniyle, bu analizlere yalnızca 47 makale dahil edilmiştir. "Çoklu gösterimler", "kimya eğitimi" ve "kimyasal sembol" gibi en sık görünen anahtar kelimeler belirlenmiştir. İncelenen makalelerde kullanılan anahtar kelimelerin VOSviewer programı aracılığıyla oluşturulan görsel ağ haritası Şekil 4.3'te sunulmuştur.



Şekil 4.3: Analiz edilen anahtar kelimelerin VOSviewer programı ile analizi

Düşük frekanslı kelimelerin literatüre katkısını göstermek amacıyla, tüm anahtar kelimeler içerik analizine tabi tutulmuş ve belirli kategoriler altında gruplandırılmıştır. Yapılan içerik analizi sonucunda anahtar kelimeler sekiz farklı gruba ayrılmıştır. Bu gruplar ve her bir grupta yer alan anahtar kelimelerin listesi Tablo 4.12’de sunulmuştur.

Tablo 4.12: Anahtar kelimelerin gruplara göre dağılımı

Kategori	Tanımı ve Kapsamı	Anahtar Kelimeler
Temsil Düzeyleri ve Türleri	Kimyasal kavramları görselleştirme ve ifade etme yöntemleri.	Çoklu gösterimler, Makro/Alt mikro/Sembolik, Kimya üçlüsü, Görselleştirme, mikroskobik diyagramlar, kimyasal gösterimler, gösterimler, çok modlu gösterimler, görsel gösterimler, Kimyasal sembol gösterim yetenekleri (CSRA).
Öğretim Stratejileri ve Modelleri	Bilgi aktarımında kullanılan pedagojik yaklaşımlar.	Sorgulamaya dayalı öğrenme, İşbirlikçi öğrenme, Probleme dayalı öğrenme, Argümantasyon, Öğrenme Döngüsü 7E, Destekleyici öğrenme, Somutluğun kademeli olarak azaltılması, Yapılandırmacılık.

Tablo 4.12 (devam)

Teknoloji ve Öğrenme Ortamları	Öğretimin gerçekleştiği dijital ve fiziksel platformlar.	Multimedya simülasyonları, Bilgisayar tabanlı öğrenme, Web tabanlı öğrenme, Mobil uygulamalar, Mikrobilgisayar tabanlı laboratuvar, Ders materyalleri, Simülasyon tabanlı ortam, İnternet/Web tabanlı öğrenme, Moleküler modelleme, Statik modelleme, Dinamik modelleme.
Bilişsel ve Psikososyal Faktörler	Öğrencilerin zihinsel süreçleri, algıları ve bireysel özellikleri.	Kavramsal anlama, Yanlış anlamalar, Analitik düşünme, Öğrenme stilleri, Bilişsel özellikler, Mekansal beceriler, Farkındalık, Yerleşik olma, Cinsiyet.
Disiplinler	Araştırmanın yürütüldüğü disiplin.	Kimyasal bilişim, Yer bilimleri eğitimi, Kimya eğitimi, Fen bilimleri eğitimi, Disiplinler arası/Çok disiplinli.
Kimya İçeriği ve Müfredatı	Çalışmaların odaklandığı kimya alanları ve konuları.	Stokiyometri, Sulu çözelti kimyası, Denge, Gazlar, Kimyasal denklemler, Redoks reaksiyonları, Moleküller arası kuvvetler, Maddenin halleri ve değişimleri, Termodinamik, Isı enerjisi, Kinetik moleküler teori, Reaksiyon hızı, Maddenin parçacık yapısı, Çözeltinin koligatif özellikleri, Genel kimya, Organik kimya.
Örneklem ve Eğitim Seviyeleri	Hedef öğrenci grubu.	Birinci sınıf lisans/Genel, Lise/Giriş, Öğretmen adaylığı eğitimi, Lisansüstü eğitim, İkinci sınıf lisans, İlkokul/Ortaokul, Ön bilgisi düşük öğrenciler, Eğitim fakülteleri.
Ölçme, Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri	Akademik başarı ölçme araçları, analiz ve değerlendirme.	Test/Değerlendirme, Rasch modeli, Göz izleme yöntemi, Doğrulama, Değerlendirme kriterleri, Kümeleme analizi, Ölçüm çerçevesi, Enstrüman modifikasyonu.

4.3.5 Makalelerin Metodolojik Özelliklerine Ait Bulgular

4.3.5.1 Makalelerin Araştırma Yöntemlerinin Dağılımı

Araştırmanın ikinci alt problemi kapsamında, kimyasal gösterimler ile ilgili makalelerde tercih edilen araştırma yöntemlerine/desenlerine ilişkin bulgular Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13’de incelenen çalışmalarda kullanılan araştırma desenleri arasında en çok kullanılan yöntem nicel çalışmalardır (f=30, %38,96). Nicel desende, en çok yarı deneysel desen kullanılırken (f=19, %24,68), kesitsel çalışmalar (f=5, %6,49) ve deneysel çalışmalar (f=3, %3,90) daha az tercih edilmiştir. Zayıf deneysel çalışmalar (f=2, %2,60) ve korelasyonel çalışmalar (f=1, %1,30) en az tercih edilen nicel desen olmuştur.

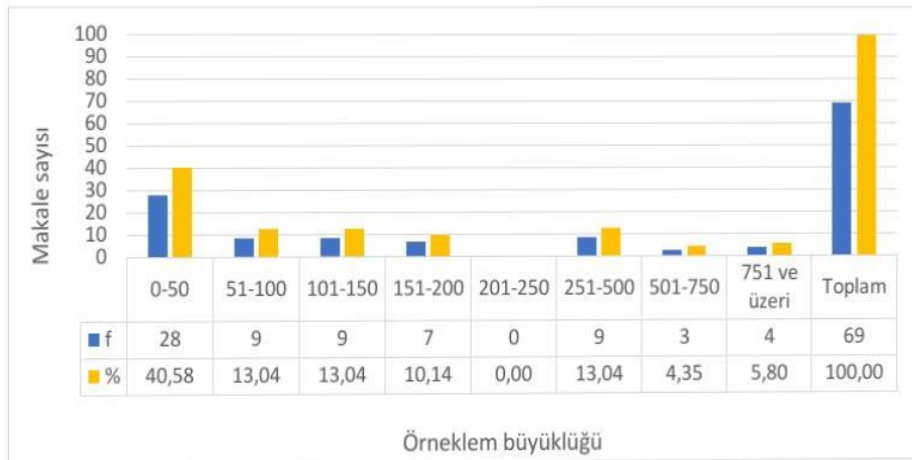
Tablo 4.13: Makalelerin araştırma yöntemlerinin dağılımı

Yöntem	Desen	f	%
Nicel	Yarı deneysel çalışma	19	24,68
	Kesitsel çalışma	5	6,49
	Deneysel çalışma	3	3,90
	Zayıf deneysel çalışma	2	2,60
	Korelasyonel çalışma	1	1,30
Nitel	Durum çalışması	15	19,48
	Fenomenoloji	2	2,60
	Eylem araştırması	1	1,30
	Doküman inceleme	9	11,69
Karma		18	23,38
Diğer		2	2,60
Toplam		77	100

Tablo 4.13’de görüldüğü gibi, nitel araştırma (f=27, %35,06) da yaygın olarak kullanılmış olup, vaka çalışmaları (f= 15, %19,48) en belirgin tasarım olmuştur. Bunu doküman analizi (f=9, %11,69) takip ederken, fenomenoloji (f=2, %2,60) ve eylem araştırması (f=1, %1,30) daha az kullanılmıştır. Karma yöntemler 18 çalışmada (%23,38) benimsenmiş olup, bu da makalelerin yaklaşık dörtte birini temsil etmektedir. “Diğer” kategorisi altında sınıflandırılan çalışmaların (f=2, %2,60) en düşük orana sahip olduğu görülmektedir.

4.3.5.2 Makalelerin Örneklem Büyüklüklerinin Dağılımı

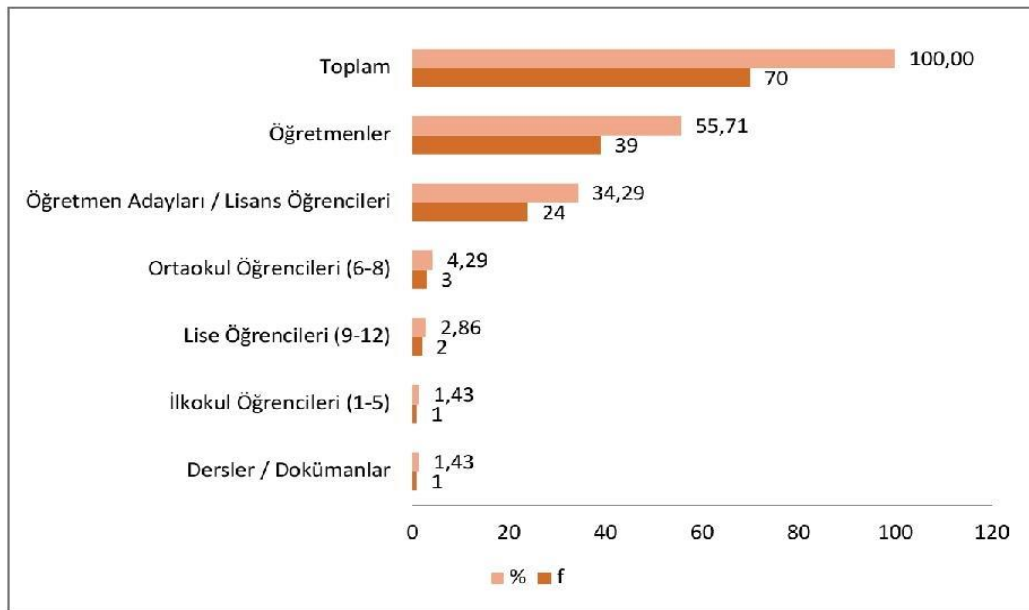
Araştırmanın ikinci alt problemi kapsamında, kimyasal gösterimler ile ilgili makalelerin örneklem büyüklüklerine ilişkin bulgular Şekil 4.4’de sunulmuştur.

**Şekil 4.4:** Makalelerde kullanılan örneklem büyüklüklerinin dağılımı

77 makaleden sekizi ders etkinliği geliştirme, bilgi ve incelenen çalışmalarla ilgili literatür taramasıyla ilgili olduğundan, bu makalelerin örneklem büyüklüğü belirlenememiştir. Geriye kalan 69 makalenin örneklem büyüklüklerini gösteren Şekil 4.4’de en yüksek oran, %40,58 ile 0-50 arasında örneklem büyüklüğüne sahip çalışmalara aittir. Bunu, her biri %13,04’lük oranla 51-100, 101-150 ve 251-500 olmak üzere üç örneklem büyüklüğü aralığı takip etmektedir. Ayrıca, çalışmaların %10,14’ü 15-200 arasında, %5,80’i 751’den fazla ve %4,35’i 50-750 arasında örneklem büyüklüğüne sahiptir. Bu bulgular, çok küçük örneklem büyüklüklerinin (0-50) en sık tercih edildiğini, çok büyük örneklemelerin (751 ve üzeri) ise çok az kullanıldığı görülmektedir. Çalışmaların yaklaşık üçte birini orta büyüklükteki örneklemeler (51-200) oluşturmaktadır.

4.3.5.3 Makalelerin Örneklem Türlerinin Dağılımı

Araştırmanın ikinci alt problemi kapsamında, kimyasal gösterimler ile ilgili makalelerin örneklem türlerine ilişkin bulgular Şekil 4.5’de sunulmuştur.



Şekil 4.5: Makalelerde kullanılan örneklem türlerinin dağılımı

Şekil 4.5 incelendiğinde, çalışmaların örneklem türleri açısından homojen bir dağılım göstermediğini ve belirli eğitim seviyelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Çalışmaların, büyük çoğunluğunun (%55,7, n=39) öğretmen adayları ve lisans öğrencileri üzerinde yapıldığı tespit edilmiştir. En sık incelenen ikinci grup ise %34,3 (n=24) ile ortaokul

öğrencilerini oluşturmaktadır. Buna karşılık, ortaokul öğrencileri (%4,3) ve ilkokul öğrencileri (%2,9) ile eğitim sürecinin birincil uygulayıcıları olan öğretmenler (%1,4) ve öğretim görevlilerinin (%1,4) örneklem olarak seçilme oranlarının oldukça düşük olduğu görülmektedir.

4.3.5.4 Makalelerde Kullanılan Veri Toplama Araçlarının Dağılımı

Araştırmanın ikinci alt problemi kapsamında, kimyasal gösterimler ile ilgili makalelerde kullanılan veri toplama araçlarına ilişkin bulgular Tablo 4.14’de sunulmuştur.

Tablo 4.14: Makalelerde kullanılan veri toplama araçlarının dağılımı

Veri Toplama Aracı	f	%
Test	Kavramsal testler	21
	Başarı testleri	21
	Değerlendirme/ ölçme aracı	7
	Toplam	49
Anket	Açık uçlu	8
	Likert tipi ölçek	5
	Çizim	4
	Toplam	17
Dokümanlar		31
İkili görüşme		28
Video kayıtları		5
Teknoloji tabanlı araçlar		5
Gözlem formu		4
Toplam		139

Tablo 4.14, incelenen çalışmalarda kullanılan veri toplama araçlarının dağılımını göstermektedir. Testlerin tüm araçların %35,25’ini oluşturarak en sık kullanılan veri toplama araçları olduğu görülmektedir. Bunlar arasında her biri %15,11’lik oranla kavramsal testler ve başarı testleri ile %5,04’lük oranla değerlendirme/ ölçme araçları yer almaktadır. Anketler toplam %12,23 ile ikinci sırada yer alırken, açık uçlu sorular en yaygın kullanılan araçlar arasında yer almaktadır (%5,76). Likert tipi ölçeklerin ve çizim görevlerinin sırasıyla %3,60 ve %2,88 oranında kullanıldığı görülmektedir. Görüşmeler veri toplama araçlarının önemli bir bölümünü (%22,30) oluştururken, bunu video kayıtları (%20,14) takip etmektedir. Teknoloji tabanlı araçlar (ChemTutor, Webex, simülasyon) (%3,60) ve gözlemlerin (%2,88) daha az kullanıldığı görülmektedir.

4.3.5.5 Makalelerde Kullanılan Veri Analiz Yöntemlerinin Dağılımı

Araştırmanın ikinci alt problemi kapsamında, kimyasal gösterimler ile ilgili makalelerde kullanılan veri analiz yöntemlerine ilişkin bulgular Tablo 4.15’de sunulmuştur.

Tablo 4.15: Makalelerdeki veri analiz yöntemlerinin dağılımı

Veri Analiz		f	%
Nicel	Betimsel İstatistik	21	25,92
	Varyans Analizi	14	17,29
	Parametrik Analizt-testi	11	13,59
	Kovaryans Analizi	10	12,35
	Çoklu Regresyon Analizi	2	2,47
	Çok Değişkenli Varyans Analizi	1	1,23
	Z-testi	1	1,23
	Pearson korelasyon Analizi	1	1,23
	Çıkarımsal İstatistik	61	75,31
	Toplam	61	75,31
	Parametrik olmayan analiz		
	Mann–Whitney U testi	4	4,94
	Kruskal-Wallis H testi	3	3,7
	Wilcoxon işaretli sıralamalar testi	2	2,47
	Ki-kare test	2	2,47
Nitel	Toplam	11	13,58
	Çok Değişkenli Analiz	4	4,94
	Toplam	15	18,51
	Diğer: Rasch analizi	5	6,17
	Toplam	81	100
	İçerik Analizi	36	61,02
	Betimsel Analiz	11	18,64
	Sürekli Karşılaştırmalı Analiz	6	10,17
	Tematik Analiz	6	10,17
	Toplam	59	100
Toplam		139	100

Tablo 4.15 incelendiğinde, çalışmalarda nicel veri analizi yöntemlerinin (%57,9) nitel yöntemlere (%42,1) göre daha fazla kullanıldığı görülmektedir. Nicel analizler arasında betimsel istatistikler (%15) ve çıkarımcı analizler (%39,3) öne çıkarken, çıkarımcı analizlerde parametrik testler (f=40, %28,6) parametrik olmayan testlere (f=11, %7,9) göre daha sık tercih edilmiştir. En yaygın parametrik test, varyans analizi (f=14, %10) iken, en yaygın parametrik olmayan test ise Mann–Whitney U testi (f=4, %2,9) olmuştur. Ayrıca, keşifsel faktör analizi, N-gain ve küme analizi gibi çok değişkenli analiz yöntemleri 4 çalışmada (%2,9) kullanılırken, Rasch analizi 5 çalışmada (%3,6) kullanılmıştır. Nitel analiz

incelendiğinde, içerik analizi (36, %25,7) en sık kullanılmış olup, bunu betimsel analiz (11, %7,9) izlemiştir. Nitel analizde, sabit karşılaştırmalı analiz (6, %4,3) ve tematik analiz (6, %4,3) eşit oranlarda kullanılmıştır.

4.3.6 Makalelerin Amaçlarına Göre Dağılımı

Araştırmanın üçüncü alt problemi kapsamında, kimyasal gösterimler ile ilgili makalelerin amaçlarına ilişkin bulgular Tablo 4.16’da sunulmuştur.

Tablo 4.16: Makalelerin amaçlarına göre dağılımı

Amaçlar		f	%
Farklı öğretim yöntemlerinin etkilerinin incelenmesi	Kavramsal anlamaya /öğrenmeye etkisi	26	29,21
	Çoklu gösterim/düşünme becerilerine etkisi	20	22,47
	Kavram yanılgılarını gidermeye etkisi	3	3,37
	Uzman uygulamaları geliştirmeye etkisi	1	1,12
	Toplam	50	56,18
Program/etkinlik/test geliştirme	Öğrenci becerileri/kavramsal anlama düzeyleri	18	20,22
	Çoklu gösterimler arası geçiş yapabilme becerileri	5	5,62
Öğrenci ve öğretmen özelliklerinin belirlenmesi	Öğretici yaklaşımlarının/ pedagojik uygulamalar	2	2,25
	Toplam	25	28,09
Ders kitabı analizi		5	5,62
Kavramsal/teorik modellerin incelenmesi ve yeniden yapılandırılması		2	2,25
Genel Toplam		89	100

Tablo 4.16 incelendiğinde, araştırmalarda en sık ele alınan amacın farklı öğretim yöntemlerinin etkilerinin incelenmesi olduğu görülmektedir (f = 50, %56,18). Bu amaç doğrultusunda yürütülen çalışmalarda özellikle farklı yöntemlerin kavramsal anlama ve öğrenmeye etkisi (f = 26, %29,21) ile çoklu gösterim ve düşünme becerilerine etkisini (f = 20, %22,47) amaçlayan araştırmaların daha fazla yapıldığı anlaşılmaktadır. İkinci sırada, öğrenci ve öğretmen özelliklerini ortaya koyan çalışmalar yer almaktadır (f = 25, %28,09). Bu gruptaki çalışmaların büyük çoğunluğunda öğrenci becerileri ve kavramsal anlama düzeyleri üzerinde durulduğu anlaşılmaktadır (f = 18, %20,22). En az ele alınan kategoriler ise program, etkinlik ve test geliştirme (f = 7, %7,87), ders kitabı analizi (f = 5, %5,62) ile kavramsal/teorik model incelenmesi (f = 2, %2,25) olarak belirlenmiştir.

4.3.7 Makalelerin Ulaştığı Sonuçların Dağılımı

Araştırmanın dördüncü alt problemi kapsamında, kimyasal gösterimler ile ilgili makalelerin sonuçlarına ilişkin bulgular Tablo 4.17’de sunulmuştur.

Tablo 4.17: Makalelerin ulaştığı sonuçların dağılımı

Sonuçlar	f	%
Temsil yetkinliği ve gösterim becerileri	33	37,93
Kavramsal anlama ve öğrenme kazanımları	26	29,89
Betimsel ve ilişkisel sonuçlar	12	13,79
Kavram yanlışları ve zorluklar	9	10,34
Materyal/ araç geliştirme sonuçları	7	8,05
Genel Toplam	87	100

Tablo 4.17 incelendiğinde, makalelerdeki sonuçların 5 kategoriye ayrıldığı görülmektedir. Bu kategoriler arasında en sık bulunan sonuç kategorisi "Temsili yeterlilik ve beceriler" ($f=33$; %37,93) olup bu kategoriyle ilgili çalışmalarda, öğrencilerin kimyasal temsiller arasında geçiş yapabilme yeteneklerindeki artışın, kimya başarılarını artıracığı belirtilmiştir. Ortaya çıkan ikinci kategori "Kavramsal anlama ve öğrenme çıktıları"dır ($f=26$; %29,89). Bu kategori içindeki çalışmalarda, araştırmacılar çeşitli öğretim müdahalelerinin (simülasyon, animasyon, çoklu temsiller, bağlam temelli öğrenme vb.) öğrencilerin kimya kavramlarını anlama düzeylerini olumlu yönde etkilediğini belirlemişlerdir. "Tanımlayıcı ve ilişkisel sonuçlar" kategorisi ($f=12$; %13,79) üçüncü sırada yer almaktadır. Bu kategorideki çalışmalar genellikle mevcut durumu tanımlamayı amaçlayan bulgular içermektedir (örneğin, ders kitaplarındaki temsil dağılımları, öğretmenlerin pedagojik içerik bilgisi, öğrencilerin görsel-mekansal yetenekleri ile kimya başarıları arasındaki ilişkiler). "Yanlış anlamalar ve zorluklar" ($f=9$; %10,34) ve "Materyal/araç geliştirme sonuçları" ($f=7$; %8,05) kategorileri, ise daha az çalışmada ulaşılan sonuçlardır. Yanlış anlamalar kategorisinde, öğrencilerin özellikle altmikroskopik düzeyde (iyonik çözeltiler, moleküller arası kuvvetler, kuantum mekanik modeller gibi) yanlış anlamalara sahip oldukları belirlenmiştir. Bu kategori içindeki araştırma bulgularında, kimyasal gösterimlerin öğrencilere uygun olarak tasarlanmadığında (bilişsel uyumsuzluk), öğrencilerin mevcut yanlış anlamalarının artacağı ve hatta yeni yanlış anlamaların ortaya çıkabileceği vurgulanmıştır. Materyal/araç geliştirme kategorisindeki çalışmalar, rubrikler, geçerli-güvenilir testler ve dijital öğrenme ortamları gibi ölçme-değerlendirme veya öğretim materyali geliştirme süreçleriyle ilgili sonuçlardan bahsetmişlerdir.

4.3.8 Makalelerde Sunulan Önerilerin Dağılımı

Araştırmanın dördüncü alt problemi kapsamında, kimyasal gösterimler ile ilgili makalelerin önerilerine ilişkin bulgular Tablo 4.18’de sunulmuştur.

Tablo 4.18: Makalelerde sunulan önerilerin dağılımı

Kategori	Öneriler	f	%
Sınıf içi öğretim	Gösterimler arası geçişlerin ve ilişkilerin açıkça öğretilmesi	16	20,51
	Görselleştirme araçlarının kullanımı	14	17,95
	Model kullanımı	5	5,13
	Bilişsel yük yönetimi/kademeli anlatım	4	5,13
	Sorgulama temelli/keşfedici öğrenme stratejilerinin kullanımı	4	5,13
	Toplam	43	55,13
	Yeni değişkenlerin incelenmesi	4	5,13
Gelecek araştırmalar	Farklı bağlamlarda uygulama	3	3,85
	Uzun vadeli etkilerin araştırılması	1	1,28
	Öğretim yaklaşımlarının karşılaştırılması	1	1,28
	Toplam	9	11,54
	Ders kitaplarında çoklu gösterimlerin dengeli kullanımı	4	5,13
Materyal ve müfredat geliştirme/tasarım	Öğrenci merkezli materyallerin geliştirilmesi	3	3,85
	Müfredat uyarlama	2	2,56
	Toplam	9	11,54
	Mesleki gelişim programlarının geliştirilmesi	3	3,85
	PCK’nın güçlendirilmesi	3	3,85
Öğretmen eğitimi	Öğretmen adaylarının argümantasyon ve sorgulama süreçlerine dahil edilmesi	1	1,28
	Farklı temsil düzeylerini içeren etkinliklerin programa eklenmesi	1	1,28
	Toplam	8	10,26
	Ölçme araçlarının tasarımı	2	2,56
Ölçme ve değerlendirme	Biçimlendirici değerlendirme	2	2,56
	Hazır ölçme araçlarının kullanılması	2	2,56
	Toplam	6	7,69
	Yapay zekanın öğrenme aracı olarak kurgulanması	1	1,28
Teknoloji ve yazılım tasarımı	Eğitim yazılımlarının görsel anlamaya göre geri bildirim vermesi	1	1,28
	Yazılım tabanlı etkinliklerin kullanımının teşvik edilmesi	1	1,28
	Toplam	3	3,85
Genel Toplam	Toplam	78	100

Tablo 4.18 incelendiğinde, incelenen makalelerin önerilerinin 6 kategoriye ayrıldığı görülmektedir. Kimyasal gösterimlerle ilgili makalelerdeki önerilerin çoğunluğu "Sınıf öğretimi" kategorisi altında toplanmıştır (f=43; %55,13). Bu kategori içindeki dağılım incelendiğinde, en sık vurgulanan alt dalın "Gösterimler arasındaki geçişleri ve ilişkileri açıkça öğretme" (f=16; %20,51) olduğu gözlemlenmektedir. Bunu "Görselleştirme araçlarının kullanımı" (f=14; %17,95), "Modellerin kullanımı" (f=5; %6,41), "Bilişsel yük yönetimi ve kademeli anlatım" (f=4; %5,13) ve "Sorgulama temelli ve keşfederek öğrenme stratejilerinin kullanımı" (f=4; %5,13) izlemektedir. Genel olarak, araştırmacıların öğretmenlerin sınıf uygulamaları için önerilere öncelik verdikleri ve bu öneriler arasında en çok vurgulananın farklı gösterim seviyeleri arasındaki bağlantıları öğretmek olduğu görülmektedir. İncelenen makalelerde, araştırmacılar "Gelecek araştırmalar"a (f=9; %11,54) yönelik önerilerde de bulunmuşlardır. Bu bağlamda, en fazla öneri "Yeni Değişkenlerin İncelenmesi" (f=4; %5,13) başlığı altında toplanırken diğer öneriler "Farklı bağlamlarda uygulama" (f=3; %3,85) izlerken, "Uzun vadeli etkilerin araştırılması" ve "Öğretim yaklaşımlarının karşılaştırılması" (her biri f=1; %1,28) şeklinde ortaya çıkmıştır. "Materyal ve müfredat geliştirme/tasarımı" kategorisi de aynı frekansa sahiptir (f=9; %11,54). Bu kategoride en sık karşılaşılan öneri "Ders kitaplarında çoklu gösterimlerin dengeli kullanımı" (f=4; %5,13) yönelik önerilerdir. Bu kategoride, ayrıca "Öğrenci merkezli materyallerin geliştirilmesi" (f=3; %3,85) ve "Müfredat uyarlaması"na (f=2; %2,56) yönelik araştırmacıların önerilerde bulunmuşlardır. İncelenen makalelerde "Öğretmen eğitimi"ne (f=8; %10,26) yönelik öneriler dördüncü sırada ortaya çıkmıştır. Bu kategoride, araştırmacılar öğretmenler için mesleki gelişim programlarının geliştirilmesi ve pedagojik içerik bilgisinin güçlendirilmesini önermiştir (her biri f=3; %3,85). Öğretmen eğitimi açısından, öğretmen adaylarını tartışma ve sorgulama süreçlerine dahil etme ve farklı gösterim düzeylerini kapsayan etkinliklerin geliştirilmesi (her biri f=1; %1,28) daha az vurgulanmıştır. Beşinci sırada ise "Ölçme ve değerlendirme" kategorisine (f=6; %7,69) yönelik önerilerin olduğu görülmektedir. Burada araştırmacılar ölçme araçlarının tasarımı, biçimlendirici değerlendirme ve hazır ölçme araçlarının kullanımıyla ilgili önerilerde bulunmuşlardır (her biri f=2; %2,56). Öneriler arasında "Teknoloji ve yazılım tasarımı" (f=3; %3,85) kategorisinin en düşük frekansa sahip kategori olduğu görülmektedir. Bu kategoride, araştırmacılar yapay zekanın bir öğrenme aracı olarak tasarlanmasını, görsel anlama temelli geri bildirim sağlayan eğitim yazılımlarını ve yazılım tabanlı etkinliklerin kullanımının teşvik edilmesini önermişlerdir (her biri f=1; %1,28).

5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, 2003 ile 2025 yılları arasında kimya eğitiminde kimyasal temsiller üzerine yürütülen 77 ampirik çalışma ile YÖK Tez Merkezi'nde yer alan 8 lisansüstü tez incelenmiştir. Böylece ulusal ve uluslararası alandaki araştırma eğilimlerinin, metodolojik tercihlerin, elde edilen sonuçların ve sunulan önerilerin kapsamlı bir biçimde ortaya konulması amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlar, aşağıda yer alan alt başlıklar altında sunulmuştur.

5.1 YÖK TEZ Veri Tabanındaki Kimyasal Gösterimler Üzerine Yapılan Çalışmalara İlişkin Sonuçlar

İlk olarak, araştırma kapsamında incelenen tezlerin yıllara göre dağılımları birbirinden farklı olup, 2023 yılında en yüksek sayıya ulaştığı (%50, $f=4$) görülmüştür. İncelenen dönem aralığında 2020, 2021 ve 2024 yıllarında herhangi bir lisansüstü tez çalışmasına rastlanmamıştır. Bu sonuç kimyasal gösterimler konusuna olan akademik ilginin dönemsel değişiklikler gösterdiğine işaret etmektedir. Bu durum eğitim programındaki değişimler, özellikle 2020 ve 2021 yılları arasında pandemi süreci ve uzaktan eğitim modellerinin kullanılması veya kurumlardaki öğretim üyelerinin çalışma alanlarındaki yönelimlerinin farklı olabileceğini göstermektedir. Bu doğrultuda, 2023 yılındaki frekans artışı, ulusal düzeyde kimya eğitimi ve fen bilgisi eğitimi alanlarında kimya öğretiminde kimyasal gösterimlere yönelik önemin artmasıyla paralellik göstermektedir.

Araştırma kapsamında, kimyasal gösterimler konusu üzerine Türkiye'de yayımlanan lisansüstü tezlerin üniversitelere göre dağılımı incelendiğinde, belirli bölgelerde ve kurumlarda yoğunlaştığı görülmektedir. Büyük bir çoğunluğunun Balıkesir Üniversitesi ve Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi bünyesinde yürütüldüğü, geri kalanların ise Sivas Cumhuriyet Üniversitesi ve Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi'nde tamamlandığı görülmektedir. Çalışmaların bölgesel düzeyde Marmara, Karadeniz, İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerine yayıldığını ancak araştırma odağının belirli merkezlerde olduğu görülmüştür.

Araştırmada ele alınan lisansüstü tezlerin enstitülere göre dağılımı incelendiğinde, büyük bir çoğunluğunun Fen Bilimleri Enstitüsü bünyesinde, yalnızca bir tanesinin Eğitim Bilimleri Enstitüsü tarafından yürütüldüğü görülmektedir. Alanyazında Coşkun ve Arık (2022) tarafından yapılan bir içerik analizi çalışmasında, fen eğitimi alanındaki tezlerin enstitülere

göre dağılımında Eğitim Bilimleri Enstitüsü'ne doğru bir kayma olsa da kimya eğitimi alanında köklü üniversitelerde Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yürütülmektedir.

Tezlerin örneklem büyüklüğüne bakıldığında, YÖK Tez veri tabanlarından 8 adet lisansüstü teze ulaşıldığı görülmektedir. Yalnızca bir çalışma hem öğretmenlerle hem de öğretmen adayları ile yapıldığı bu yüzden de frekans değeri 9 olmuştur. Çalışmalarda döküman incelemesi, öğretmenler ve öğretmen adaylarından veriler toplanmıştır. Alanyazında Ayas vd. (2015) ve Çalık vd. (2005) fen eğitimi ve kimya kavram yanılgıları üzerine yaptıkları çalışmalarda, araştırmacıların submikroskopik ve sembolik seviyedeki soyut kavramlarını ölçmek için daha kolay erişilebilir ve veri toplamaya uygun gördükleri üniversite öğrencilerini sıklıkla örneklem olarak seçtikleri görülmektedir.

Lisansüstü tezlerin araştırma desenlerine göre dağılımı, araştırmacıların belirgin bir şekilde nitel araştırma yaklaşımlarına yöneldiğini göstermektedir. Nitel araştırma yöntemi altında “Durum çalışması” deseni tercih edilirken, nicel ve karma yöntemlerin kullanım oranı oldukça sınırlı kalmıştır. Kimyasal gösterimler gibi öğrencilerin zihinsel modellerini, submikroskopik algılarını ve kavramsal anlama süreçlerini derinlemesine incelemeyi gerektiren alanlarda durum çalışmasının seçilmesi beklenen bir durumdur (Creswell and Poth, 2018; Merriam and Tisdell, 2016). Durum çalışması, araştırmacıya bir veya birkaç sınırlandırılmış durumu kendi doğal ortamında, derinlemesine ve bütüncül bir şekilde inceleme olanağı tanır.

Araştırma desenlerindeki nitel ağırlıklı eğilime paralel olarak, tezlerde en sık başvuru alan veri toplama aracının görüşme formu olduğu tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla döküman incelemesi, testler ve ölçekler takip etmektedir. Toplam frekansın ($f=13$) tez sayısından fazla olması, araştırmacıların verilerini çeşitlendirmek amacıyla birden fazla veri toplama aracını eş zamanlı olarak kullandıklarını göstermektedir. Karataş vd. (2003) kimya eğitiminde ölçme araçlarını inceledikleri çalışmada, submikroskopik yapının anlaşılma düzeyini ortaya çıkarmak için çoktan seçmeli testlerin yetersiz kalabildiğini, bu yüzden araştırmacıların yarı yapılandırılmış görüşmeler ile çizim testlerine yöneldiğini vurgulamışlardır.

Tezlerde veri analiz yöntemleri incelendiğinde, içerik analizi ve betimsel analizin yoğun olduğu; nicel veri analizinde ise bağımlı ve bağımsız t testi ve ANOVA yöntemlerine sınırlı düzeyde başvurulduğu görülmektedir. Veri analizindeki bu dağılım, tezlerde araştırma

yöntemleri olarak nitel araştırma yöntemlerinin ve veri toplama aracı olarak görüşme formlarının yoğun kullanımıyla doğrudan örtüşmektedir. Göktaş vd. (2012) eğitim bilimleri araştırmalarında veri analizlerinde içerik ve betimsel analizin daha çok kullanıldığını belirtmişlerdir.

Kimyasal gösterimler alanında gerçekleştirilen lisansüstü tezlerin sonuçlarının ağırlıklı olarak “Kavramsal Anlama” odaklı olduğu görülmektedir. Bu eğilimi sırasıyla “Temsil Yetkinliği ve Gösterim Becerileri” ile “Materyal/Araç Geliştirme”ye yönelik sonuçlar takip etmektedir. Elde edilen bu sonuç, alanyazında öğrencilerin kimyasal kavramları doğru yapılandırma ve kavram yanılgılarını tespit etme süreçlerine verilen önceliği doğrulamaktadır (Gabel, 1999; Ünal vd., 2004). Tezlerin çoğunluğunun kavramsal anlamaya odaklanması, kimya eğitiminde karşılaşılan temel güçlüklerin çözümü için öncelikle öğrencilerin zihinsel yapılarının ve kavramsal anlayışlarının netleştirilmeye çalışıldığını göstermektedir. Öte yandan, temsil yetkinliği ve gösterim becerilerine yönelik sonuçların daha sınırlı sayıda çalışmada ele alınması, Johnstone (1991) tarafından vurgulanan makroskobik, mikroskobik ve sembolik düzeyler arası geçişlerin doğrudan ölçülüp geliştirilmesine yönelik araştırmalara halen ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

Son olarak, tezlerin önerilerine ilişkin bulgular değerlendirildiğinde; "Öğretmen Eğitimi", "Ders Kitapları" ve "Sınıf İçi Öğretim" kategorilerinin en çok vurgulanan öneri alanları olarak öne çıktığı saptanmıştır. "Gelecek Araştırmalar" ile "Ölçme ve Değerlendirme" kategorileri ise diğer baskın gelen öneri kategorileridir. Kimyasal gösterimlerin öğretim sürecine etkili bir şekilde entegre edilebilmesi için uygulayıcı ve materyal boyutunun merkeze alındığını ortaya koymaktadır. Öğretmen eğitimi ve ders kitaplarına yönelik önerilerin ön planda olması, alanyazında da sıkça belirtildiği üzere (GilbertandTreagust, 2009), kimyasal temsil düzeylerinin öncelikle öğretmenler tarafından doğru kavranması ve ders kitaplarında somut görsellerle desteklenmesi gerekliliğini doğrulamaktadır.

5.2 ERIC, Scopus ve Web of Science Veri Tabanlarındaki Kimyasal Gösterimler

Üzerine Yapılan Makalelere İlişkin Sonuçlar

Uluslararası veri tabanlarında (ERIC, Scopus ve Web of Science) yer alan makalelerin dergilere göre dağılımı incelendiğinde, kimyasal gösterimler konusunda belirli dergilerde yoğunlaştığı görülmektedir. Toplam 77 makalenin (f=33)

“Chemistry Education Research and Practice (CERP)”, (f=10) ise “Journal of Chemical Education” dergilerinde yayımlanmıştır. Bu iki dergiyi (f=8) ile “International Journal of Science Education” takip etmektedir. Yıllara göre dağılımlarına bakıldığında, ise 2003 yılından itibaren düzensiz bir artış olduğu, özellikle 2018-2019 yıllarında (f=8) en yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Alanyazında kimya eğitimi araştırmalarının eğilimlerini inceleyen çalışmalar, bu yoğunlaşmayı doğrudan desteklemektedir. Teo et al., (2014) tarafından kimya eğitimine özgü kavramsal anlama, üçlü temsil ve zihinsel modeller gibi spesifik konuların en prestijli yayınların RSC (Royal Society of Chemistry) ve ACS (American Chemical Society) destekli “Chemistry Education Research and Practice (CERP)” ve “Journal of Chemical Education” dergilerinde olduğu belirtilmiştir.

Kimyasal gösterimler ile ilgili araştırmaların yapıldığı ülkeler incelendiğinde, Kuzey Amerika' da en çok yapıldığı, daha sonra bunu Asya ve Avrupa kıtalarının izlediği görülmektedir. VOSviewer ağ haritası ve kategorilere bakıldığında, bu makalelerdeki anahtar kelimelerin tematik olarak en çok “Çoklu gösterimler”, “Kimya eğitimi”, “Temsil düzeyleri ve türleri” ile “Kimya içeriği ve müfredat” alanlarında yoğunlaştığı, bu kavramların anahtar kelime ağının merkezinde yer aldığı görülmektedir. Lin et al., (2019), fen eğitimi araştırmalarında gelişmiş batı ülkelerinin (özellikle ABD) kurumsal imkanlar ve laboratuvar gelenekleri sayesinde submikroskobik ve sembolik düzey araştırmalarında öncü olduğunu belirtmişlerdir. Son yıllarda Endonezya ve Çin gibi Asya ülkelerinden gelen yayın artışı ise, bu bölgelerdeki kimya müfredatlarının Johnstone’un üçlü temsil modeline göre yeniden yapılandırılmasıyla ilişkilendirilebilir. Ayrıca, anahtar kelime ağının merkezinde çoklu temsil ve kavramsal anlamının yer alması, kimya eğitiminin en temel probleminin hâlâ soyut kavramları somutlaştırma çabası olduğunu göstermektedir.

Uluslararası makalelerin metodolojik desenleri incelendiğinde, nicel araştırma yöntemlerinin ve özellikle yarı deneysel çalışmaların ön planda olduğu görülmektedir. Nitel yöntemlerde ise durum çalışması ön plana çıkarken, karma yöntemler makalelerin %23,38’ini oluşturmaktadır. Bu makalelerin örneklem büyüklüklerinin ağırlıklı olarak küçük gruplardan (0-50 arası) oluştuğu ve örneklem türü olarak çoğunlukla öğretmen adayları, lisans öğrencileri ve öğretmenlerin tercih edildiği belirlenmiştir. İlk ve ortaokul öğrencilerinin örneklem türü olarak daha az tercih edildiği tespit edilmiştir. Bu bulgu, Türkiye’deki lisansüstü tezlerde görülen “nitel durum çalışması” ağırlığının, uluslararası makale literatüründe yerini daha çok nicel deneysel desenlere ve karma yöntemlere

bıraktığını göstermektedir. Alanyazında ulusal ve uluslararası fen eğitimi eğilimlerini karşılaştıran Tsai and Wen (2005), uluslararası indeksli dergilerin geliştirilen bir öğretim materyalinin, teknolojinin veya modelin etkililiğini ampirik (nicel/deneysel) olarak araştıran ya da karma yöntemlerle hem nicel başarıyı hem de nitel zihinsel modelleri eş zamanlı ölçen çalışmaları yayımlama eğiliminde olduğunu vurgulamışlardır.

Uluslararası veri tabanlarından elde edilen makalelerde veri toplama araçlarının dağılımı incelendiğinde, araştırmacıların en çok kavram testleri ve başarı testlerini tercih ettiği, ardından görüşmeler ve video kayıtlarının geldiği belirlenmiştir. Bu bulgu, uluslararası alanyazında kimyasal gösterimler araştırmalarının büyük ölçüde öğrenme çıktılarının ölçülmesine ve deneysel müdahalelerin etkililiğinin sınanmasına odaklandığını göstermektedir. Nitekim Chandrasegaran et al., (2007), kimyasal gösterimler ile ilgili araştırmalarda iki veya üç aşamalı kavramsal tanı testlerinin uluslararası alanyazında yaygın olarak tercih edildiğini ve bu testlerin öğrencilerin kavram yanılgılarını geniş örneklemeler üzerinden belirlemede etkili bir araç olduğunu belirtmiştir. Testlerin yoğun kullanımı, araştırmacıların öğrencilerin submikroskobik düzeydeki çizim yeteneklerini puanlama ve gruplar arası karşılaştırmalar yapma ihtiyacından da kaynaklanmaktadır. Ancak, açık uçlu sorular, çizimler ve Likert tipi ölçekler gibi araçların daha az tercih edilmesi, öğrencilerin zihinsel temsillerini nasıl yapılandırdıklarına dair derinlemesine bilgi elde edilmesini sınırlandırmaktadır. Özellikle teknoloji tabanlı araçlar ve gözlemlerin düşük oranlarda kalması, alanda daha yenilikçi veri toplama yöntemlerine duyulan ihtiyacı işaret etmektedir (Stieff, 2011). Benzer bir eğilim veri analizi yöntemlerinde de gözlenmektedir. Nicel çalışmalarda parametrik testlerin (ANOVA, t-testi, ANCOVA) baskın olduğu; ancak Rasch analizi ve çok değişkenli analizler gibi ileri ölçüm modellerinin nadiren tercih edildiği görülmüştür. Nitel çalışmalarda ise içerik analizi en yaygın kullanılan yöntem olarak öne çıkarken, betimsel analiz, sürekli karşılaştırmalı analiz ve tematik analiz gibi diğer nitel yaklaşımlar çok daha sınırlı düzeyde kalmıştır. Bu durum, nitel çalışmaların analiz süreçlerinin benzer bir kalıpta tekrarladığını ve alanda söylem analizi, fenomenolojik analiz gibi farklı nitel analiz yaklaşımlarının daha fazla kullanılması gerektiğini göstermektedir.

Uluslararası veri tabanlarından elde edilen makalelerin araştırma amaçları incelendiğinde, çalışmaların yarısından fazlasının “Farklı öğretim yöntemlerinin etkilerinin incelenmesi” odağında birleştiği görülmektedir. Bu genel kategori içerisinde ise en yüksek frekans, öğretim yöntemlerinin kavramsal anlamaya/öğrenmeye etkisi ile çoklu gösterim/düşünme

becerilerine etkisi alt başlıklarında toplanmıştır. Daha sonra, “Program/etkinlik/test geliştirme” amaçlı çalışmalar, “Ders kitabı analizi” ve “Kavramsal/teorik modeller” ile ilgili çalışmaların oldukça sınırlı düzeyde kaldığı saptanmıştır. Bu bulgu, kimyasal gösterimler konusundaki uluslararası eğilimin, durum tespitinden ziyade müdahale ve etkililik temelli yaklaşıma sahip olduğunu göstermektedir. Alanyazında benzer meta-sentez çalışmaları yürüten Gilbert and Treagust (2009), Johnstone’un üçlü temsil modeline dayalı kimya eğitimi araştırmalarının ilk evrelerinde ders kitaplarındaki eksikliklerin belirlenmesi ve öğrenci yanlışlarının haritalandırılması gibi betimsel amaçların baskın olduğunu; ancak güncel literatürün artık bu yanlışları giderecek bilişsel teknolojilerin, somut modellerin ve argümantasyon gibi çağdaş öğretim yöntemlerinin etkililiğini test etmeye evrildiğini belirtmiştir.

Uluslararası veri tabanlarından elde edilen makalelerin sonuçları incelendiğinde, araştırmaların en çok “Temsil yetkinliği ve gösterim becerileri” ile “Kavramsal anlama ve öğrenme kazanımları” geldiği görülmektedir. Daha sonra, öğrencilerin sub-mikroskobik ve sembolik düzeylerde yaşadığı “Kavram yanlışları ve zorluklar” ve “Materyal/araç geliştirme” sonuçları gelmektedir. Alanyazında Ainsworth (2006) tarafından ortaya konan Çoklu Gösterimlerle Öğrenme, makalelerde elde edilen bu başarıyı kuramsal olarak açıklamaktadır. Ainsworth’e göre, kimyasal olguların makroskobik, submikroskobik ve sembolik düzeylerinin pedagojik araçlarla (simülasyon, animasyon, model) desteklenerek sunulması, bilişsel süreçlerde birbirini tamamlama, kısıtlama ve derinlemesine anlamayı yapılandırma işlevi görmektedir.

Uluslararası veri tabanlarından elde edilen makalelerin önerileri incelendiğinde, yarısından fazlasının sınıf içi öğretime yönelik önerilerde bulunduğu belirlenmiştir. Bu kategoride en çok vurgulanan öneri gösterimler arasındaki geçişlerin ve ilişkilerin açıkça öğretilmesi olmuştur. Bu bulgu, öğrencilerin farklı gösterim seviyeleri (makroskobik, altmikroskobik, sembolik) arasında sağlıklı geçişler yapabilme yeteneklerinin örtük olarak kazanılamayacağını ve açık öğretim stratejileriyle desteklenmesi gerektiğini göstermektedir. İkinci sıradaki öneri, "Görselleştirme araçlarının kullanımı," kimya eğitiminde dinamik görselleştirme araçları, animasyonlar, simülasyonlar ve etkileşimli öğrenme ortamlarının kullanımının önemini vurgulamaktadır. Ancak, bu araçların pedagojik hedeflerle uyumlu olarak tasarlanması gerektiği dikkate alınmalıdır; aksi takdirde, öğrencilerin bilişsel yükünü artırabilirler (Kenneally and Bently, 2024).

"Gelecek araştırmalar" ve "Materyal ve müfredat geliştirme/tasarımı" kategorilerinin eşit şekilde temsil edildiği belirlenmiştir. Gelecek araştırmalar için önerilerde en sık vurgulanan öneriler "yeni değişkenlerin incelenmesi" ve "farklı bağırlarda uygulanması" olup, bu durum alandaki çalışmaların benzer örnek grupları ve konularla sınırlı kaldığını ve araştırmacıların farklı ğrenci grupları ve eğitim bağırlarına odaklanmaları gerektiğini göstermektedir. Materyal ve müfredat geliştirme nerileri arasında "Ders kitaplarında çoklu gösterimlerin dengeli kullanımı" ve "ğrenci merkezli materyaller geliştirme" ne çıkmaktadır. Bu bulgu, sembolik temsillerin ders kitaplarında baskın olduğunu, altmikroskopik ve çoklu temsillerin ise arka planda kaldığını gösteren araştırma bulgularıyla tutarlıdır (Hasibuan et al., 2026; NyachwayaandWood, 2014; ShehabandBouJaoude, 2017; UpahianRamnarain, 2019; Yıldırım ve etin, 2024). İncelenen çalışmalardaki ders kitabı analizlerinin yıllar içinde benzer bulgulara ulaşması, alandaki sorunun yapısal ve kalıcı olduğunu göstermektedir.

"ğretmen eğitimi," "lme ve değerlendirme" ve "Teknoloji ve yazılım tasarımı" kategorileri daha düşük oranlarda ortaya çıkmıştır. Öğretmen eğitimi kategorisinde, "mesleki gelişim programlarının geliştirilmesi" ve "PCK'nın güçlendirilmesi" nerileri eşit orandadır. Bu neriler, öğretmenlerin kimyasal gösterimlerin ğretimi konusundaki pedagojik içerik bilgilerinin güçlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Bu kategorideki önerilerin daha az olması, alandaki ğretmen eğitimi üzerine yapılan araştırmaların henüz yeterince olgunlaşmadığını ve bu alanda daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. lme ve değerlendirme için düşük öneri oranı, temsil yetkinliği ve kavramsal anlayış gibi karmaşık kavramları ölçmek için standartlaştırılmış araçların geliştirilmesi gereğini göstermektedir.

"Teknoloji ve yazılım tasarımı" kategorisindeki çalışmaların azlığı, bu alanın henüz yeterince araştırılmadığını göstermektedir. Halbuki retken yapay zekâ teknolojilerinin kimya eğitiminde kullanımı, güncel alanyazında giderek daha fazla ilgi çekmektedir. Bununla birlikte MooresandZuinZeidler (2025), bu tür araçların moleküler yapıları yanlış temsil edebileceği ve öğrencilerin kimyayı algılama biçimini bozabileceği riskine dikkat çekmektedir. Bu nedenle, yapay zekanın eğitim süreçlerine kontrolsüz bir şekilde dahil edilmesinden kaçınılmalıdır. Bu bağlamda, kimya eğitiminde hele ki kimyasal gösterimlerin ğretiminde teknoloji entegrasyonu hem fırsatlar hem de riskler açısından dikkatle ele alınmalı; pedagojik uygunluk ve etik boyutlar göz ardı edilmemelidir.

5.3 Öneriler

Bu bölümde, araştırma sonuçlarına dayanarak öğretmenler, araştırmacılar ve uygulayıcılar için çeşitli önerilere yer verilmiştir.

1. Kimya eğitiminde kimyasal gösterimlerin kullanımına yönelik olarak yapılan yüksek lisans tezlerinin yoğunluğu göz önünde bulundurularak, bu alanda doktora düzeyinde de daha fazla çalışma yapılması teşvik edilmelidir. Bu sayede konuya ilişkin daha derinlemesine analizler yapılabilir ve kuramsal çerçeve daha da güçlendirilebilir.
2. İncelenen araştırmaların çoğunlukla öğretmen adayları ve öğretmenler ile yapıldığı görülmektedir. İlkokul, ortaokul ve lise düzeyindeki öğrenciler ile farklı örneklem grupları ile kimyasal gösterimlerin öğrencilerin akademik başarı, tutum, kavramsal anlama ve zihinsel modelleri üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmaların sayıları arttırılabilir.
3. Kimyasal gösterimler konusundaki yayınların 2018-2019 yıllarında yoğunlaştığı, sonraki dönemlerde ise dalgalı bir seyir izlediği görülmektedir. Bu alana olan akademik ilginin sürdürülebilir kılınması ve kimya öğretim programlarına etkin bir şekilde entegre edilmesi için öğrencilerin kimyasal gösterim düzeylerini anlamlandırmalarını destekleyen ulusal ve uluslararası projelerin, dijital öğretim materyallerinin ve öğretmen gelişim programlarının hazırlanması teşvik edilmelidir.
4. Çalışmalarda kimyasal gösterimlerin ağırlıklı olarak belirli temel kimya konuları (maddenin tanecikli yapısı, kimyasal bağlar vb.) özelinde ele alındığı belirlenmiştir. Gelecekteki araştırmaların, kimyanın diğer alt disiplinlerindeki (organik kimya, analitik kimya vb.) konuları ve fen bilimleri ile disiplinler arası ilişki kuran temaları kapsayacak şekilde genişletilmesi alanyazının zenginleşmesine ve konunun daha kapsamlı ele alınmasına katkı sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Ağlarıcı Özdemir, O., Ok, M. & Kabapınar, F. (2021).** Lise öğrencilerinin kimya dersi sıvılar konusuna ilişkin bilgilerinin çoklu gösterimler ile belirlenmesi. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 250-273. <https://doi.org/10.21666/muefd.825851>
- Ainsworth, S. (2006).** DeFT: A conceptual frame work for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Al-Atawna, N. & Langbeheim, E. (2025).** Concreteness of energy and bonding concepts in 9th grade chemistry – examining learning among high and low achievers. *International Journal of Science Education*, 48(8), 1104–1126. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2446595>
- Al-Balushi, S. M. & Al-Hajri, S. H. (2014).** Associating animations with concrete models to enhance students’ comprehension of different visual representations in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(1), 47–68. <https://doi.org/10.1039/c3rp00074e>
- Allred, Z. D. R. & Bretz, S. L. (2019).** University chemistry students’ interpretations of multiple representations of the helium atom. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(3), 610–624. <https://doi.org/10.1039/c8rp00296g>
- Arsani, I. A. A., Setyosari, P., Kuswandi, D. & Dasna, I. W. (2020).** Problem-based learning strategies using multiple representations and learning styles to enhance conceptual understandings of chemistry. *Periódico Tchê Química*, 17(35), 860–876. https://doi.org/10.52571/PTQ.v17.n35.2020.72_ARSANI_pgs_860_876.pdf
- Avargil, S. & Piorko, R. (2022).** High school students’ understanding of molecular representations in a context-based multi-model chemistry learning approach. *International Journal of Science Education*, 44(11), 1738–1766. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2095679>
- Avcı Daş, S. F. & Tecimer Altınel, Z. (2026).** Fen eğitiminde eğitsel dijital oyunlar ile ilgili yapılan çalışmaların analizi: Bir sistematik derleme çalışması. *Fen Matematik Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 9(1), 51-64. <https://izlik.org/JA84ZU56FT>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ayas A. & Özmen H. (2002).** Kimya öğretmen adaylarının tanecikli yapı ile ilgili kavrama anlama seviyelerinin tespiti. *Boğaziçi Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 19(2), 45-60.
- Bakanlığı, M. E. (2018).** Kimya dersi dersi öğretim programı. *Millî Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara*.
- Bakanlığı, M. E. (2024).** *Ortaöğretim kimya 9 ders kitabı*. Devlet Kitapları.
- Balasundram, N. & Karpudewan, M. (2021).** Exploring the use of a writing-to-learn activity embedded with multiple modes using ‘Popplet’ on pre-university students’ alternative conceptions on transition metals. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(1), 263–277. <https://doi.org/10.1039/d0rp00119h>
- Baptista, M., Martins, I., Conceição, T. & Reis, P. (2019).** Multiple representations in the development of students’ cognitive structures about the saponification reaction. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 760–771. <https://doi.org/10.1039/c9rp00018f>
- Baran, S. (2022).** *Kimya öğretmenlerinin kimyasal denge konusundaki kimyasal gösterimleri anlama düzeylerinin ve kimyasal gösterimler arasında dönüşüm yapabilme becerilerinin belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü). YÖK Tez Merkezi.
- Becker, N., Stanford, C., Towns, M. & Cole, R. (2015).** Translating across macroscopic, submicroscopic, and symbolic levels: the role of instructor facilitation in an inquiry-oriented physical chemistry class. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 769-785. <https://doi.org/10.1039/c5rp00064e>
- Berg, A. & Hultén, M. (2024).** Children’s emergent mechanistic reasoning in chemistry: A case study about early primary students’ reasoning about the phenomenon of thermal expansion of air. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(1), 92–115. <https://doi.org/10.1039/d3rp00169e>
- Chandrasegaran, L., Treagust, D. & Mocerino, M. (2007).** The development of a two-tier multiple-choicediagnostic instrument for evaluating secondary schoolstudents’ ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 293–307. <https://doi.org/10.1039/B7RP90006F>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chatha, C. J. & Bretz, S. L. (2020).** Adapting interactive interview tasks to remote data collection: Human subjects research that requires annotations and manipulations of chemical structures during the COVID-19 pandemic. *Journal of Chemical Education*, 97(11), 4196–4202. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c01018>
- Chen, X., Goes, L. F., Treagust, D. F. & Eilks, I. (2019).** An analysis of the visual representation of redox reactions in secondary chemistry text books from different chinese communities. *Education Sciences*, 9(1), 42. <https://doi.org/10.3390/educsci9010042>
- Chi, S., Wang, Z., Luo, M., Yang, Y. & Huang, M. (2018).** Student progression on chemical symbol representation abilities at different grade levels (Grades 10-12) across gender. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1246–1258. <https://doi.org/10.1039/c8rp00010g>
- Chittleborough, G. D. & Treagust, D. (2007).** The modelling ability of non-major chemistry students and their understanding of the sub-microscopic level. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(3), 274-292. <https://doi.org/10.1039/B6RP90035F>
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2017).** *Research methods in education (8th ed.)*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315456539>
- Corradi, D., Elen, J. & Clarebout, G. (2012).** Understanding and enhancing the use of multiple external representations in chemistry education. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 780–795. <https://doi.org/10.1007/s10956-012-9366-z>
- Corradi, D. M. J., Elen, Jan, Schraepen, B. & Clarebout, G. (2014).** Understanding possibilities and limitations of abstract chemical representations for achieving conceptual understanding. *International Journal of Science Education*, 36(5), 715–734. <https://doi.org/10.1080/09500693.2013.824630>
- Creswell, J. W. & Creswell, J. D. (2018).** *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches (5th ed.)*. SAGE Publications.
- Creswell, J. W. & Poth, C. N. (2018).** *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches (4th ed.)*. SAGE Publications.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Corradi, D., Clarebout, G. & Elen, J. (2015).** Cognitive dissonance as an instructional tool for understanding chemical representations. *Journal of Science Education and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9557-5>
- Çalık, M. & Ayas, A. (2005).** A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 638–667. <https://doi.org/10.1002/tea.20076>
- Çalık, M., Ayas, A. & Ebenezer, J. V. (2005).** A review of solution chemistry studies: in sights into students’ conceptions. *Journal of Science Education and Technology*, 17(2), 124-134. <https://doi.org/10.1007/s10956-005-2732-3>
- Çalışkan, İ. (2025).** *Kuramdan uygulamaya karşılaştırmalı fen eğitimi politikaları*. Akademisyen Kitabevi.
- Çetin, B. (2023).** *Fen bilgisi ve kimya ders kitaplarındaki kimyasal gösterimlerin analizi* (Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). YÖK Tez Merkezi.
- Çirkinoğlu Şekercioğlu A. G. & Acar, E., (2025).** *A Systematic Literature Review Of Theses On The Subject Of Light In Turkey*, In Ayşe Gül Çirkinoğlu Şekercioğlu (Eds), *Modern Research and Studies In Educational Sciences III*, (pp:49-61). Lyon: Livre de Lyon.
- Çokadar, H. (2013).** Üniversite öğrencilerinin kimyasal tepkimeleri tamamlama ve kimyasal tepkimeleri sınıflandırma konusundaki kavramaları. *Hacettepe University Journal of Education*, 28(3), 111-122. <https://izlik.org/JA29AL59HD>
- Coşkun, A. & Arık, S. (2022).** Okul öncesi fen eğitimi alanında yapılan lisansüstü tezlerin eğilimleri, *Anadolu Öğretmen Dergisi*, 6(2), 183-211, <https://doi.org/10.35346/aod.1199589>
- Dangur, V., Avargil, S., Peskin, U. & Dori, Y. J.(2014).** Learning quantum chemistry via a visual-conceptual approach: students’ bidirectional textual and visual understanding. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(3), 297–310. <https://doi.org/10.1039/c4rp00025k>
- Davenport, J. L., Rafferty, A. N. & Yaron, D. J.(2018).** Whether and how authentic context susing a virtual chemistry lab support learning. *Journal of Chemical Education*, 95(7), 1063–1073. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00043>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Davidowitz, B., Chittleborough, G. & Murray, E. (2010).** Student-generated submicro diagrams: A use ful tool for teaching and learning chemical equations and stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(3), 154–164. <https://doi.org/10.1039/C005464J>
- Demircan, G. (2019).** *Kimyasal gösterimler: Ders kitaplarında kullanımı ve öğrenmedeki rolü* (Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). YÖK Tez Merkezi.
- Demirdöğen, B., Nur Akın, F. & Demircan Akman, G. (2021).** Fen alanındaki öğretmen adaylarının genel kimya ders kitaplarındaki kimyasal gösterimleri anlama düzeyleri. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 524-557. <https://doi.org/10.33711/yyuefd.1029070>
- Deveci, İ., Zengin, M. N. & Çepni, S. (2015).** Fen tabanlı girişimcilik eğitimi modüllerinin geliştirilmesi, uygulanması ve değerlendirilmesi / *Development and Evaluation of Science-Based Enterprising Training Module. Journal of Educational Sciences & Practices*, 14(27), 59-80. https://www.researchgate.net/publication/303821332_Deveci_I_Zengin_MN_Cepni_S_2015_Fen_tabanli_girisimcilik_egitimi_modullerinin_gelistirilmesi_uygulanmasi_ve_degerlendirilmesi_Development_and_Evaluation_of_Science-Based_Enterprising_Training_Module_E
- Ekiz Kıran, B. & Uzunbaz, D. (2021).** Kimya öğretmen eğitimi alanındaki lisansüstü tezlerin içerik analizi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(2), 765-790. <https://doi.org/10.33711/yyuefd.1029193>
- Erlina, E., Enawaty, E., Melati, H. A. & Lestari, I. (2023).** Video with multiple representations approach to promote students' conceptual understanding of inter molecular forces. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 12(4), 1994–2002. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i4.25243>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Erlina, Williams, D. P., Cane, C., Hairida, Ulfah, M. & Wafiq, A. F. (2024).** Reconstructing perspectives: investigating how molecular geometry cards (MGCards) and molecular model building (MMB) disrupt students' alternative notions of molecular structure—a qualitative study. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(4), 1052-1070. <https://doi.org/10.1039/D3RP00038A>
- Erol, M. & Kocakulah, M. S. (2024).** Fen eğitiminde harmanlanmış öğrenme yaklaşımının kullanımı. *Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, 62, 3249-3271. <https://doi.org/10.53444/deubefd.1498835>.
- Farheen, A. & Lewis, S. E. (2021).** The impact of representations of chemical bonding on students' predictions of chemical properties. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(4), 1035–1047. <https://doi.org/10.1039/d1rp00070e>
- Ferreira, J. E. V. & Lawrie, G. A. (2019).** Profiling the combinations of multiple representations used in large-class teaching: path ways to inclusive practices. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 902–917. <https://doi.org/10.1039/c9rp00001a>
- Gabel, D. (1999).** Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548–554. <https://doi.org/10.1021/ed076p548>
- Gilbert, J. K. (2005).** Visualization: A core thinking skill in chemistry and chemistry education. In J. K. Gilbert (Ed.), *Visualization in science education* (pp. 9–27). Springer. https://doi.org/10.1007/1-4020-3613-2_2
- Gilbert, J. K. & Treagust, D. F. (2009).** *Multiple representations in chemical education* (Vol. 4). Springer Science & Business Media.
- Gkitzia, V., Salta, K. & Tzougraki, C. (2011).** Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school text books. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(1), 5–14. <https://doi.org/10.1039/C1RP90003J>
- Gkitzia, V., Salta, K. & Tzougraki, C. (2019).** Development and assessment of a tool for analyzing chemical representations in school text books. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(2), 391-404. <https://doi.org/10.1039/C1RP90003J>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Graulich, N., Hedtrich, S. & Harzenetter, R. (2019).** Explicit versus implicit similarity – exploring relational conceptual understanding in organic chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 924–937. <https://doi.org/10.1039/c9rp00054b>
- Göktaş, Y., Hasançebi, F., Varışoğlu, B., Akçay, A., Bayrak, N., Baran, M. & Sözbilir, M. (2012).** Türkiye’deki eğitim araştırmalarında eğilimler: bir içerik analizi. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri*, 12(1), 443 – 460.
- Gültekin, M. (2023).** *Fen laboratuvarı konulu tezlerin sistematik literatür incelemesi* (Yüksek lisans tezi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). YÖK Tez Merkezi.
- Gürsoy, G. & Yıldırım Polat, S. N. (2023).** Fen eğitiminde okul dışı öğrenme ortamına ilişkin yapılan tezlerin sistematik derlemesi. *Journal of Research in Informal Environments*, 8(1), 1-20. <https://izlik.org/JA77FP66PG>
- Haigh, M., France, B. & Gounder, R. (2012).** Compounding confusion? When illustrative practical work falls short of its purpose—A case study. *Research in Science Education*, 42(5), 967–844. <https://doi.org/10.1007/s11165-011-9226-5>
- Hall, R. (1996).** Representation as shared activity: Situated cognition and Dewey’s cartography of experience. *Journal of the Learning Sciences*, 5(3), 209–238. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0503_3
- Hamerská, L., Matěcha, T., Tóthová, M. & Rusek, M. (2024).** Between symbols and particles: Investigating the complexity of learning chemical equations. *Education Sciences*, 14(6), 570. <https://doi.org/10.3390/educsci14060570>
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000).** Learning about atoms, molecules and chemical bonds: A case study of multiple-model use in grade 11 chemistry. *Science Education*, 84(3), 352–381. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200005\)84:3%3C352::AID-SCE3%3E3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200005)84:3%3C352::AID-SCE3%3E3.0.CO;2-J)
- Harshman, J., Bretz, S. L. & Yeziarski, E. (2013).** Seeing chemistry through the eyes of the blind: A case study examining multiple gas law representations. *Journal of Chemical Education*, 90(6), 710-716. <https://doi.org/10.1021/ed3005903>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hasibuan R., Arnesih, Anggraini D., Yona M., Hisyam, M. & Lubis, U.S. (2026).** Human resource management and it simpact on employee performance in MSMEs—SLR. *Front. Sustain*, 7, <https://doi.org/10.3389/frsus.2026.1764507>
- Head, M. L., Yoder, K., Genton, E. & Sumperl, J. (2017).** A quantitative method to determine preservice chemistry teachers' perceptions of chemical representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 825–839. <https://doi.org/10.1039/c7rp00109f>
- Hilton, A. & Nichols, K. (2011).** Representational classroom practices that contribute to students' conceptual and representational understanding of chemical bonding. *International Journal of Science Education*, 33(16), 2215–2246. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.543438>
- Jaber, L. Z. & Boujaoude, S. (2012).** A macro–micro–symbolic teaching to promote relational understanding of chemical rections. *International Journal of Science Education*, 34(7), 973–998. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.569959>
- Johnstone, A. H. (1991).** Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75-83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Johnstone, A. H. (1993).** The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705. <https://doi.org/10.1021/ed070p701>
- Johnstone, A. H. (2010).** Space forthinking: The inter play between mental capacity and learning chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 11(2), 67-73.
- Jones, T., Romanov, A., Pratt, J. M. & Popova, M. (2022).** Multi-frame work cases study characterizing organic chemistry instructors' approache stoward teaching about representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(4), 930–945. <https://doi.org/10.1039/d2rp00173j>
- Karabulut, H., Gökçe, H. & Şahbaz, E. (2024).** Fen bilimleri dersinde dijital öykü kullanımının 5. Sınıf öğrencilerinin eleştirel düşünme becerisi üzerine etkisi. *Fen Bilimleri Öğretimi Dergisi*, 12(2), 278-294. <https://doi.org/10.56423/fbod.1424145>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Karaçam, Z. (2013).** Sistematik derleme metodolojisi: sistematik derleme hazırlamak için bir rehber. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Elektronik Dergisi*, 6(1), 26-33. <https://izlik.org/JA24LY89AS>
- Karakuzu, B., Saraçoğlu, S. & Bektas, O. (2023).** Ulusal alanyazında fen eğitiminde WEB 2.0 araçları konulu çalışmaların sistematik incelemesi. *Araştırma ve Deneyim Dergisi*, 8(2), 228-249. <https://doi.org/10.47214/adeder.1375043>
- Kapar Karabacak, Ç. (2023).** *Fen bilgisi öğretmenlerinin iyonik çözünme konusunu anlamalarında ders kitaplarındaki kimyasal gösterimlerin rolü* (Yüksek lisans tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). YÖK Tez Merkezi.
- Kapucu, S. (2023).** *Öğretmen adaylarının ve öğretmenlerin kimyasal gösterimler arası geçiş yapma yeterlikleri: Bir ölçek uyarlama çalışması* (Yüksek lisans tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). YÖK Tez Merkezi.
- Karataş, F. Ö., Köse, S. & Coştu, B. (2003).** Öğrenci yanılgılarını ve anlama düzeylerini belirlemede kullanılan iki aşamalı testler. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1), 54-69.
- Kenneally, C. D. & Bentley, B. (2024).** A cognitive load approach to molecular geometries: Augmented reality technology and visuospatial abilities in Chemistry. *Education Sciences*, 14(9), 1036. <https://doi.org/10.3390/educsci14091036>
- Kitchenham, B. (2004).** *Procedures for performing systematic reviews* (Technical Report TR/SE-0401 & NICTA 0400011T.1). Keele University; National ICT Australia Ltd.
- Kitchenham, B. & Charters, S. (2007).** *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering* (Technical Report EBSE-2007-01). Keele University and University of Durham.
- Kadtsyna, A. S., Chubarov, A. & Kadtsyn, E. D. (2022).** Basic cheminformatics course for first-year chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 99(8), 2932-2942. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00175>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Köse, S. (2008).** Diagnosing student misconceptions: Using drawings as a research method. *World Applied Sciences Journal*, 3(2), 283–293.
- Langitasari, I., Effendy & Fajaroh F. (2018).** Dynamic and static modeling embedded in inquiry learning to improve student's multiple representationability. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Lajaran*, 4(1), 1-13. <https://doi.org/10.30870/JPPI.V4I1.2881>
- Lin, Y., Son, J. Y. & Rudd, J. A., (2016).** A symmetric translation between multiple representations in chemistry. *International Journal of Science Education*, 38(4), 644–662. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1144945>
- Lin, T.J., Lin, T. C., Potvin, P. & Tsai, C.C. (2019).** Research trends in science education from 2013 to 2017: A systematic content analysis of publications in selected journals. *International Journal of Science Education*, 41, 367-387. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1550274>
- Luxford, C. J. & Bretz, S. L. (2013).** Moving beyond definitions: What student-generated model reveal about their understanding of covalent bonding and ionic bonding. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 214–224. <https://doi.org/10.1039/c3rp20154f>
- McDermott, M. A. & Hand, B. (2013).** The impact of embedding multiple modes of representation with in writing tasks on high school students' chemistry understanding. *Instructional Science*, 41(1), 217–246. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9225-6>
- Merriam, S. B. & Tisdell, E. J. (2016).** *Qualitative research: A guide to design and implementation (4th ed.)*. Jossey-Bass.
- Meydan, E. (2022).** Kimya okuryazarlığı ölçeği: ölçek geliştirme çalışması. *RumeliDE Dil ve Edebiyat Araştırmaları Dergisi*, 29, 224-240. <https://doi.org/10.29000/rumelide.1164160>
- Miles, M. B. & Huberman, A. M. (1994).** Qualitative data analysis: An expanded source book (2nd ed.). *SAGE Publications*.
- Minner, D.D., Levy, A.J. & Century, J. (2010).** Inquiry-based science instruction—What is it and does it matter? Results from a research synthesis years 1984 to 2002. *J. Research in Science Teaching*, 47(4), 474-496. <https://doi.org/10.1002/tea.20347>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Moju, M., Taylor, L. & Iweuno, B. (2025).** Tackling the challenge of chemical representations through sense making practices in chemistry education. *Discover Education*, 4, 352. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00703-3>
- Moore, E. B., Chamberlain, J. M., Parson, R. & Perkins, K. K. (2014).** phET interactive simulations: transformative tools for teaching chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1191–1197. <https://doi.org/10.1021/ed4005084>
- Moore, A. & ZuinZeidler, V.G. (2025).** Don't let generative AI shape how we see chemistry. *Nat Rev Chem*, 9(10), 649-650. <https://doi.org/10.1038/s41570-025-00757-9>.
- Nakhleh, M. B. (1992).** Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 69(3), 191–196. <https://doi.org/10.1021/ed069p191>
- Nelsen, I., Farheen, A. & Lewis, S. E. (2024).** How ordering concrete and abstract representations in inter molecular force chemistry tasks influences students' thought processes on the location of dipole-dipole interactions. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(3), 815–831. <https://doi.org/10.1039/d4rp00025k>
- Nickel, S., Brockmüller, S., Boone, W. J. & Habig, S. (2025).** Measuring representational competence – analyses of dimensionality and the relationship to general content knowledge. *International Journal of Science Education*. <https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2515621>
- Nyachwaya, J. M. & Wood, N. B. (2014).** Evaluation of chemical representations in physical chemistry textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 720–728. <https://doi.org/10.1039/c4rp00113c>
- Osborne, J., Dillon, J. & Nuffield, F. (2008).** *Science education in Europe*. Nuffield Foundation.
- Özmen, H. (2005).** Kimya öğretiminde yanlış kavramlar: bir literatür araştırması. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 3(1), 23-45. <https://izlik.org/JA27SA48HP>
- Pabuçcu, A. (2016).** Fen bilgisi öğretmen adaylarının gaz basıncıyla ilgili bilgilerini günlük hayatla ilişkilendirebilme seviyeleri. *Türkiye Kimya Derneği Dergisi*, 1(2), 1-24. <https://izlik.org/JA73CR22FD>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Page, M. J. Et al. (2021).** The PRISMA 2020 statement: An update a guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(n71), 1-9. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Palta Benek, H. & Çirkinöğlu Şekercioğlu, A. G. (2026).** A systematic literature review of studies on metacognition in science, physics, chemistry and biology education. *International Journal of New Trends in Arts, Sports & Science Education (IJTASE)*, 15(1), 46-63. <https://ijtase.net/index.php/php/article/view/108/114>
- Parobek, A. P., Chaffin, P. M. & Towns, M. H. (2021).** Location-thinking, value-thinking, and graphical forms: combining analytical frameworks to analyze in ferences made by students when interpreting the points and trends on a reactionco ordinate diagram. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(3), 697–711. <https://doi.org/10.1039/d1rp00037c>
- Pavlin, J., Glažar, S. A., Slapničar, M. & Devetak, I. (2019).** The impact of students’ educational back ground, interest in learning, formal reasoning and visualisationabilities on gas context-based exercises achievements with submicro-animations. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(4), 724–737. <https://doi.org/10.1039/c8rp00189h>
- Petticrew, M. & Roberts, H. (2006).** *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. Blackwell Publishing. <https://doi.org/10.1002/9780470754887>
- Plass, J. L. Et al (2012).** Investigating the effectiveness of computer simulations for chemistry learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(3), 394–419. <https://doi.org/10.1002/tea.21008>
- Polifka, J. D., Cervato, C. & Holme, T. A. (2026).** What does validating a variable representation assessmenttell us about how introductory chemistry and geology students use multiple external representations? *International Journal of Science Education*, 48(9), 1396–1418. <https://doi.org/10.1080/09500693.2025.2499213>
- Prain, V. & Waldrip, B. (2006).** An exploratory study of teachers’ and students’ use of multi-modal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1843–1866. <https://doi.org/10.1080/09500690600718294>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ramnarain, U. & Joseph, A. (2012).** Learning difficulties experienced by grade 12 South Africans students in the chemical representation of phenomena. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(4), 462–470. <https://doi.org/10.1039/c2rp20071f>
- Rau, M. A. (2015).** Enhancing undergraduate chemistry learning by helping students make connections among multiple graphical representations. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(4), 821–842. <https://doi.org/10.1039/c5rp00065c>
- Rau, M. A. (2017).** Do knowledge-component models need to incorporate representational competencies? *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 27(2), 298–319. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0134-8>
- Rau, M. A. (2018).** Making connections among multiple visual representations: How do sense-making skills and perceptual fluency relate to learning of chemistry knowledge? *Instructional Science*, 46(2), 209–243. <https://doi.org/10.1007/s11251-017-9431-3>
- Rotich, F., Ward, L., Beck, C. & Popova, M. (2024).** Attention is currency: how surface features of Lewis structures influence organic chemistry student reasoning about stability. *Chemistry Education Research and Practice*, 25(3), 1071–1085. <https://doi.org/10.1039/d4rp00030g>
- Scanlon, E. Et al (2018).** Post secondary chemistry curricula and universal design for learning: Planning for diversity. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4), 1246–1258. <https://doi.org/10.1039/C8RP00095F>
- Sanchez, J. M. P. (2021).** Understanding of kinetic molecular theory of gases in three modes of representation amongst tenth-grade students in chemistry. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 20(1), 48–63. <https://doi.org/10.26803/ijlter.20.1.3>
- Shehab, S. S. & BouJaoude, S. (2017).** Analysis of the chemical representations in secondary Lebanese chemistry textbooks. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(5), 797–816. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9720-3>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sirhan, G. (2007).** Learning difficulties in chemistry: An overview. *Journal of Turkish Science Education*, 4(2), 2-20.
<https://www.tused.org/index.php/tused/article/view/664>
- Sopandi, W., Kadarohman, A., Rosbiono, M., Latip, A. & Sukardi, R. R. (2018).** The courseware of discontinuous nature of matter in teaching the states of matter and their changes. *International Journal of Instruction*, 11(1), 61-76.
<https://doi.org/10.12973/iji.2018.1115a>
- Soyutek, E. (2025).** 9. Sınıf kimya ders kitaplarındaki görsellerin içerik ve kazanımlar doğrultusunda kimyanın üçlü doğası yönüyle incelenmesi: 2018 ve 2024 müfredatları (Yüksek lisans tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü). YÖK Tez Merkezi.
- Sözibilir, M., Kutu, H. & Yaşar, M. D. (2012).** Science education research in Turkey: A content analysis of selected features of papers published. In J. Dillon & D. Jorde (Eds.), *The world of Science Education: Handbook of Research in Europe* (pp. 341-374). Sense Publishers.
- Sözibilir, M., Gül, Ş., Okçu, B., Yazıcı, F., Kızılaslan, A., Zorluoğlu, S. L. & Atilla, G. (2015).** Görme yetersizliği olan öğrencilere yönelik fen eğitimi araştırmalarında eğilimler. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(1), 218-241. <https://doi.org/10.17240/aibuefd.2015.15.1-5000128604>
- Stieff, M. (2011).** Improving representational competence using molecular simulations embedded in inquiry activities. *Journal of Research in Science Teaching*, 48, 1137-1158. <https://doi.org/10.1002/tea.20438>
- Şenyiğit, Ç. (2021).** Fen bilgisi eğitiminde sorgulamaya dayalı öğrenmeye ilişkin eğilimler (2004-2020): Lisansüstü çalışmaların sistematik bir derlemesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(1), 652-684.
<https://doi.org/10.33400/uje.919585>
- Şevik, Y. (2023).** Temel kimya kavramlarının kavram karikatürleri ile desteklenen argümantasyon yöntemiyle öğretiminin öğretmen adaylarının kimyasal gösterimleri anlamasına etkisi (Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). YÖK Tez Merkezi.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Taber, K. S. (2013).** Revisiting the chemistry triplet: Is drawing together different levels of conceptual explanation a more useful way of helping students make sense of chemical knowledge? *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156-168. <https://doi.org/10.1039/c3rp00012e>
- Talanquer, V. (2011).** Macro, submicro, and symbolic: The many faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179–195. <https://doi.org/10.1080/09500690903386435>
- Tarkin Çelikkıran, A. & Gökçe, C. (2019).** Kimya öğretmen adaylarının çözünürlük konusuna ilişkin submikroskobik seviyedeki anlama düzeylerinin çizimlerle belirlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 46(46), 57-87. <https://doi.org/10.9779/pauefd.457845>
- Tasker, R. (2016).** Confchem conference on Interactive visualizations for chemistry teaching and learning: research into practice visualizing the molecular world for a deep understanding. *Journal of Chemical Education*, 93(6), 1152–1153. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00824>
- Taskin, V., Bernholt, S. & Parchmann, I. (2015).** An inventory for measuring student teachers’ knowledge of chemical representations: design, validation, and psychometric analysis. *Chemistry Education Research and Practice*, 16(3), 460–474. <https://doi.org/10.1039/c4rp00214h>
- Tasker, R. & Dalton, R. (2006).** Research into practice: Visualizing the molecular world—the design and devaluation of molecular-level visualizations for chemistry teaching. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(2), 141-159. <https://doi.org/10.1039/B5RP90020D>
- Teo, T. W., Goh, M. T. & Yeo, L. W. (2014).** Chemistry education research trends: A decade of publications in selected journals. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 470-487. <https://doi.org/10.1039/c4rp00104d>
- Tima, M. T. & Sutrisno, H. (2018).** Effect of using problem-solving model based on multiple representations on the students' cognitive achievement: Representations of chemical equilibrium. *Asia-Pacific Forum on Science Learning & Teaching*, 19(1). <https://staffnew.uny.ac.id/upload/132011628/penelitian/C6-tima%20Asia-Pacific.pdf>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tonyalı, B., Ropohi, M. & Schwanewedel, J. (2023).** What makes representations good representations for science education? A teacher- oriented summary of significant finding sand a practical guideline for the transfer into teaching. *Chemistry Teacher International*, 5(4), 413-425. <https://doi.org/10.1515/cti-2022-0019>
- Treagust, D. F. (2008).** The role of multiple representations in learning science: Enhancing conceptual understanding and fostering characteristic thinking. *In Using representations to learn science* (pp. 11-23). Routledge. https://doi.org/10.1163/9789087904227_003
- Tsai, C. C. & Wen, M. L. (2005).** Research trends in science education from 1998 to 2002: A content analysis of publication in selected journals. *International Journal of Science Education*, 27(1), 3-14. <https://doi.org/10.1080/0950069042000243727>
- Upahi, J. E. & Ramnarain, U. (2019).** Representations of chemical phenomena in secondary school chemistry text books. *Chemistry Education Research and Practice*, 20(1), 146–159. <https://doi.org/10.1039/c8rp00191j>
- Ünal, S., Coştu, B. & Karataş, F. Ö. (2004).** Kimya öğretiminde karşılaşılan genel kavram yanlışları ve çözüm önerileri. *Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24(2), 121–138.
- Ünlü, D., Çirkinoğlu Şekercioğlu A. G. & Yıldırım, H.E. (2024).** Systematic literature review of graduate thesis on instructional technologies in the fields of physics, chemistry, biology and science education. *Technology, Innovationand Special Education Research*, 4(2), 99-124. https://www.researchgate.net/publication/387968678_Systematic_Literature_Review_of_Graduate_Thesis_on_Instructional_Technologies_in_the_Fields_of_Physics_Chemistry_Biology_and_Science_Education
- Yaman, F. (2018).** Effects of the science writing heuristic approach on the quality of prospective science teachers' argumentative writing and their understanding of scientific argumentation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(3), 421–442. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9788-9>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ye, W. Et al (2025).** Effects of micro computer-based and simulation-based laboratories on students' conceptual learning under multiple representation thinking. *Journal of Chemical Education*, 102, 3234-3243. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.510>
- Yıldırım, A. (2019).** *Ders kitaplarındaki kimyasal gösterimlerin öğretmen adaylarının algılamaları kapsamında incelenmesi* (Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). YÖK Tez Merkezi.
- Yıldırım, A. & Şimşek H. (2021).** *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık.
- Yıldırım, H. E. & Çetin, B. (2024).** Fen bilimleri ders kitaplarındaki kimyasal gösterimlerin analizi. *Güncel alan Eğitimi Araştırmaları VI*, Akademisyen Yayınevi, pp. 39-64, <https://doi.org/10.37609/akya.3296.c9167>.
- Yıldırım, H. E., Çirkinoğlu Şekercioğlu, A. G. & Alat, N. (2026).** Systematic literature review of studies investigating conceptual understanding related to the subject of gases. *Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education*, 20(1), 210-248. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.1740715>
- Yıldırım, H. E. & Kızmaz, N. (2025).** Descriptive content analysis of research on cognitive structures in science education in Turkey. *Educational Academic Research*, 58, 153-168. <https://doi.org/10.33418/education.1538016>
- Yıldırım, H. E. & Yıldırım, A. (2023).** Fen Bilgisi öğretmen adaylarının kimyasal gösterimlerle ilgili anlayışlarının incelenmesi. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 164-185. <https://doi.org/10.25092/baunfbed.1062368>
- Yılmaz, A. & Morgil, İ. (2001).** Üniversite öğrencilerinin kimyasal bağlar konusundaki kavram yanlışlarının belirlenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20, 172-178.
- Wang, C. Y. & Barrow, L. H. (2013).** Exploring conceptual frameworks of models of atomic structures and periodic variations, chemical bonding, and molecular shape and polarity: A comparison of under graduate general chemistry students with high and low levels of content knowledge. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(1), 131–146. <https://doi.org/10.1039/C2RP20116J>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Wang, Z., Chi, S., Luo, M., Yang, Y. & Huang, M. (2017).** Development and validation of an instrument to measure high school students' chemical representational competence. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(4), 923–935. <https://doi.org/10.1039/C7RP00079K>
- Watts, F. M., Park, G. Y., Petterson, M. N. & Shultz, G. V. (2022).** Considering alternative reaction mechanisms: students' use of multiple representation store a son about mechanisms for a writing-to-learn assignment. *Chemistry Education Research and Practice*, 23(2), 486–502. <https://doi.org/10.1039/d1rp00301a>
- Widarti, H. R., Rokhim, D. A. & Rahmadiyah, N. M. S. (2022).** Multiple representation-based mobile apps with learning cycle 7E model on colligative properties of solutions. *Educación Química*, 33(3). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.80254>
- Wiyarsi, A., Fachriyah, A. R., Supriadi, D. & Damanhuri, M. I. B. M. (2019).** A test of analytical thinking and chemical representationability on 'rate of reaction' topic. *Cakrawala Pendidikan*, 38(2). <https://doi.org/10.21831/cp.v38i2.23062>
- Wu, H. K. (2003).** Linking the microscopic view of chemistry to real-life experiences: Intertextuality in a high-school science classroom. *Science Education*, 87(6), 868–891. <https://doi.org/10.1002/sce.10090>
- Wu, H. K. & Shah, P. (2004).** Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88(3), 465–492. <https://doi.org/10.1002/sce.10126>
- Xu, L. (2022).** Towards a social semiotic interpretation of the chemistry triangle: Student exploration of changes of state in an Australian secondary science classroom. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(4), 705–726. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10190-1>

EKLER

EK A: Çalışmada İncelenen Makaleler (WOS, SCOPUS, ERIC)

Makale no	Yazar	Makale başlığı	Yayınlandığı dergi	Yayın yılı
M-1	Hsin- Kai WU	Linking the microscopic view of chemistry to Real-Life experiences: Intertextuality in a high-school science classroom.	Discover Education	2003
M-2	Hsin-Kai WU Prati SHAH	Exploring visuospatial thinking in chemistry learning.	Graduate Institute of Science Education	2004
M-3	Bette DAVIDOWITZ Gail CHITTLEBOROUGH Eileen MURRAY	Student-generated submicro diagrams: A useful tool for teaching and learning chemical equations and stoichiometry.	Chemistry Education Research and Practice	2010
M-4	Vicente TALAQUERA John POLLARD	Let's teach how we think instead of what we know.	Chemistry Education Research and Practice	2010
M-5	Vasiliki GKITZIA Katerina SALTA Chryssa TZOUGRAKI	Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school text books.	Chemistry Education Research and Practice	2011
M-6	Seán P. MADDEN Loretta L. JONES Jérôme RAHME	The role of multiple representations in the understanding of ideal gas problems.	Chemistry Education Research and Practice	2011

M-7	Annette HILTON Kim NICHOLS	Representational classroom practices that contribute to students' conceptual and representational understanding of chemical bonding.	International Journal of Science Education	2011
M-8	Mike STIEFF	Improving representational competence using molecular simulations embedded in inquiry activities.	Journal of Research in Science Teaching	2011
M-9	David CORRADI Jan ELEN Geraldine CLAREBOUT	Understanding and enhancing the use of multiple external representations in chemistry education	Journal of Science Education and Technology	2012
M-10	Mavis HAIGH Beverly FRANCE Roshni GOUNDER	Compounding confusion? When substantive practical work falls short of its purpose—a case study.	Journal Research in Science Education	2012
M-11	Jan L. PLASS Catherine MILNE Bruce D. HOMER Ruth N. SCHWARTZ Elizabeth O. HAYWARD Trace JORDAN Jay VERKUILEN Florrie NG Yan WANG Juan BARRIENTOS	Investigating the effectiveness of computer simulations for chemistry learning.	Journal of Research in Science Teaching	2012

M-12	Umesh RAMNARAIN Aleyamma JOSEPH	Learning difficulties experienced by grade 12 South African students in the chemical representation of phenomena.	Chemistry Education Research and Practice	2012
M-13	Jordan HARSHMAN StaceyLowery BRETZ Ellen YEZIERSKI	Seeing Chemistry through the Eyes of the Blind: a case study examining multiple gas law representations.	Journal of Chemical Education	2013
M-14	Cynthia J. LUXFORD StaceyLowery BRETZ	Moving beyond definitions: what student-generated models reveal about their understanding of covalent bonding and ionic bonding.	Chemistry Education Research and Practice	2013
M-15	Mark A. MCDERMOTT Brian HAND	The impact of embedding multiple models of representation with in writing tasks on high school student's chemistry understanding.	International Journal of Instruction	2013
M-16	Keith S. TABER	Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education.	Chemistry Education Research and Practice	2013

M-17	Chia-Yu WANG Lloyd H. BARROWB	Exploring conceptual frameworks of models of atomic structures and periodic variations, chemical bonding, and molecular shape and polarity: a comparison of under graduate general chemistry students with high and low levels of content knowledge.	Chemistry Education Research and Practice	2013
M-18	Sulaiman M. AL-BALUSHI Sheikha H. AL-HAJRIB	Associating animations with concrete models to enhance students' comprehension of different visual representations in organic chemistry.	Chemistry Education Research and Practice	2014
M-19	David M. J. CORRADIA Jan ELENA Beno SCHRAEPENB Geraldine CLAREBOUTA	Understanding possibilities and limitations of abstract chemical representations for achieving conceptual understanding.	International Journal of Science Education	2014
M-20	Vered DANGUR Shirly AVARGIL Uri PESKIN Yehudit Judy DORI	Learning quantum chemistry via a visual conceptual approach: students' bidirectional Textual and visual understanding.	Chemistry Education Research and Practice	2014

M-21	Emily B. MOORE Julia M. CHAMBERLAIN Robert PEARSON Katherine K. PERKINS	PhET interactive simulations: transformative tools for teaching chemistry.	Journal of Chemical Education	2014
M-22	Jam. NYACHWAYA Nathan B. WOOD	Evaluation of chemical representations in physical chemistry textbooks.	Chemistry Education Research and Practice	2014
M-23	Stephen G. PRILLIMAN	Integrating Particulate Representations into AP Chemistry and Introductory Chemistry Courses.	Journal of Chemical Education	2014
M-24	David CORRADI Geraldine CLAREBOUT Jan ELEN	Cognitivedissonance as an instruction al tool for understandingchemi cal representations.	Journal of Science Education Technology	2015
M-25	Martina A. RAU	Enhancing under graduate chemistry learning by helping students make connections among multiple graphical representations.	Chemistry Education Research and Practice	2015
M-26	V. TAŞKIN S. BERNHOLT I. PARCHMANN	An inventory for measuring student teachers 'knowledge a chemical representation: design, validation, and psychometric analysis.	Chemistry Education Research and Practice	2015

M-27	Yuen-Ying CARPENTER Emily B. MOORE Katherine K. PERKINS	Confchem Conference on interactive visualizations for chemistry Teaching and learning: using an interactive simulation to support development of expert practices for balancing chemical equations.	Journal of Chemical Education	2016
M-28	Na LI John B. BLACK	Inter-level scaffolding and sequences of representational activities in teaching a chemical system with graphical simulations.	Journal of Science Education Technologies	2016
M-29	Yunan LINA Ji Y. SONB James A. RUDD	A symmetric translation between multipler epresentations in chemistry.	International Journal of Science Education	2016
M-30	Andrew T. STULL Morgan GAINER Shamin PADALKAR Mary HEGARTY	Promoting representational competence with molecular models in organic chemistry.	Journal of Chemistry Education	2016
M-31	Roy TASKER	Confchem conference on Interactive visualizations for chemistry teaching and learning: research in to practice visualizing the molecular world for a deep understanding.	Journal of Chemistry Education	2016

M-32	M. L. HEAD K. YODER E. GENTON J. SUMPERL	A quantitative method to determine preservice chemistry teachers' perceptions of chemical representations.	Chemistry Education Research and Practice	2017
M-33	Martina Angela RAU	Do knowledge-component models need to incorporate representational competencies?	International Journal of Artificial Intelligence Education	2017
M-34	Saadeddine Salim SHEHAB Saima BOUJAOUDE	Analysis of the chemical representations in secondary Lebanese chemistry textbook.	Journal of Science and Mathematics Education	2017
M-35	Zuhao WANG Shaohui CHI Ma LUOC Yuqin YANGD Min HUANGE	Development of an instrument to evaluate high school students 'chemical symbol representation abilities.	Chemistry Education Research and Practice International	2017
M-36	Jodi L. DAVENPORT Anna N. RAFFERTY David J. YARON	Whether and how authentic context using a virtual chemistry lab support learning.	Journal of Chemical Education	2018
M-37	Indah LANGITASARI EFFENDY Fauziatul FAJAROH	Dynamic and static modeling embedded in inquiry learning to improve student's multiple representationability	Jurnal Panellation dan Pembe Labaran	2018

M-38	Wahyu SOPANDI Asep KADAROHMAN Momo ROSBIONO Abdul LATIF RengiRestiana SUKARDI	The courseware of discontinuous nature of matter in teaching the states of matter and their changes.	International Journal of Instruction	2018
M-39	Erin SCANLON Tamra LEGRON RODRIGUEZ Jillian SCHREFFLER Elijah IBADLIT Eleazar VASQUEZ Jacqueline J. CHINI	Post secondary chemistry curricula and universal design for learning: planning for variations in learners' abilities, needs, and interests.	Chemistry Education Research and Practice	2018
M-40	Maria Tensiana TIMA Hari SUTRISNO	Effect of using problem-solving model based on multiple representations on the students' cognitive achievement: Representations of chemical nequilibrium.	Asia- Pasific Forum on Science Learning and Teaching	2018
M-41	Mo'nica BAPTISTA Iva MARTINS Teresa CONCEICA Pedro REIS	Multiple representations in the development of students' cognitive structures about the saponification reaction.	Chemistry Research and Practice	2018

M-42	Shaohui CHI Zuhao WANG Ma LUO Yuqin YANG Min HUANG	Student progression on chemical symbol representation abilities at different grade levels (grades 10–12) across gender.	Chemistry Education Research and Practice	2018
M-43	Martina A. RAU	Making connections among multiple visual representations: how do sense-making skills and perceptual fluency relate to learning of chemistry knowledge?	Instructional Sciences	2018
M-44	Fatma YAMAN	Effects of the science writing heuristic approach on the quality of prospective science teachers' argumentative writing and their understanding of scientific argumentation.	Journal of Science and Mathematics Education	2018
M-45	Zahilyn D. Roche ALLRED Stacey Lowery BRETZ	University chemistry students' interpretations of multiple representations of the helium atom.	Chemistry Education Research and Practice	2019
M-46	Xioge CHEN Lucia GOES David F. TREAGUST Ingo EILKS	An analysis of the visual representation of redox reactions in secondary chemistry textbooks from different Chinese communities.	Education Sciences	2019

M-47	JoaEliasVidueira FERREIRA Gwendolyn Angela LAWRIE	Profiling the combinations of multiple representations used in large-class teaching: Pathways to inclusive practices.	Chemistry Education Research and Practice	2019
M-48	Nicole GRAULICH Sebastian HEDTRICH Rene' HARZENETTE	Explicitversus implicit similarity – exploring relational conceptual understanding in organic chemistry.	Chemistry Education Research and Practice	2019
M-49	Jerneja PAVLIN Sas̃a A. GLAZ̃AR MihaSLAPNĬC̃AR Iztok DEVETAK	The impact of students' educational back ground, interest in learning, formal reasoning and visualisationabilities on gas context-based exercises achievements with submicro-animations.	Chemistry Education Research and Practice	2019
M-50	Johnson Enero UPAHI Umesh RAMNARAIN	Representations of chemical phenomena in secondary school chemistry textbooks.	Chemistry Education Research and Practice	2019
M-51	Antuni WIYARSI AtinaRizatanul FACRIYAH Didi SUPRIADI Muhd İbrahim bin Muhammed DAMANHURI	A test of analytical thinking and chemical representationability on 'rate reactio' topic.	Cakrawala Pendidikan	2019

M-52	IdaAyu ARSANI Punaji SETYOSARI Dedi KUSWANDI Wayan DASNA	Problem based learning strategies using multiple representations and learning styles to enhance conceptual understandings of chemistry.	Educacion Quimic	2020
M-53	Vasiliki GKITZIA Katerina SALTA Chryssa TZOUGRAKI	Students' competence in translating between different types of chemical representations.	Chemistry Education Research and Practice	2020
M-54	Courtney J. CHATHA StaceyLowery BRETZ	Adapting interactive interview tasks to remote data collection: Human subjects research that requires annotations and manipulations of chemical structures during the COVID-19 pandemic.	Journal of Chemical Education	2020
M-55	NusiratBolanle YUSUF	Colleges of education Students' awareness of use of multiple representations in explaining chemistry concepts in Kwarastate, Nigeria.	Acta Didactia Napocensia	2020
M-56	Nilavathi BALASUNDRAM Mageswary KARPUDEWAN	Exploring the use of a writing-to-learn activity embedded with multiple mode using 'Popplet' on pre-university students' alternative conceptions on transition metals.	Chemistry Education Research and Practice	2021

M-57	Ayesha FARHEEN Scott E. LEWIS	The impact of representations of chemical bonding on students' predictions of chemical properties.	Chemistry Education Research and Practice	2021
M-58	Jose Mar P. SANCHEZ	Understanding of kinetic molecular theory of gases in three modes of representation among tenth-grade students in chemistry.	International Journal of Learning	2021
M-59	Alexander P. PAROBEK Patrick M. CHAFFIN Marcy H. TOWNS	Location-thinking, value-thinking, and graphical forms: combining analytical frameworks to analyze inferences made by students when interpreting the points and trends on a reaction coordinate diagram.	Chemistry Education Research and Practice	2021
M-60	Shirly AVARGIL Ran PIORKO	High school students' understanding of molecular representations in a context-based multi-model chemistry learning approach.	International Journal of Instruction	2022
M-61	Anastasiya S. KADTSYNA A. CHUBAROV E. D. KADTSYN	Basic Cheminformatics course for first-year chemistry students	Journal of Chemical Education	2022

M-62	Tamera JONES Anastasia ROMANOV Justin M. PRATT Maia POPOVA	Multi-framework case study characterizing organic chemistry in structors' approaches to ward teaching about representations.	Chemistry Education Research and Practice	2022
M-63	Field M. WATTS Grace Y. PARK Michael N. PETTERSON Ginger V. SHULTZ	Considering alternative reaction mechanisms: Students' use of multiple representations to reason about mechanisms for a writing-to-learn assignment.	Chemistry Education Research and Practice	2022
M-64	HayuniRetno WIDARTI Deni Ainur ROKHIM NurilMaqfirohSarosa h RAHMNIYAH	Multiple representation-based mobile apps with learning cycle 7E model on colligative properties of solutions.	Education Quimica	2022
M-65	Lihua XU	Towards a social semiotic interpretation of the chemistry triangle: student exploration of changes of state in an Australian secondary science classroom.	Journal of Science and Mathematics Education	2022
M-66	Erlina ERLINA Eny ENAWATY HusnaAmalya MELATI Ira LESTARI	Video with multiple representations approach to promote students' conceptual understanding of inter molecular forces.	International Journal of Evaluation and Research in Education	2023

M-67	Büşra TONYALI Mathias ROPOHL Julia SCHWANEWEDEL	What makes representations good representations for science education? A teacher- oriented summary of significant findings and a practical guideline for the transfer into teaching.	Chemistry Teacher International	2023
M-68	ERLINA Dylan P. WILLIAMS Chris CANE HAIRIDA Maria ULFAH Azma F. WAFIQ	Reconstructing perspectives: investigating how molecular geometry cards (MG Cards) and molecular model building (MMB) disrupt students' alternative notions of molecular structure- a qualitative study.	Chemistry Education Research and Practice	2024
M-69	Astrid BERG Magnus HULTE'N	Children's emergent mechanistic reasoning in chemistry: a case study about early primary students' reasoning about the phenomenon of thermal expansion of air.	Chemistry Education Research and Practice	2024
M-70	Lucie HAMERSKA Tadeas MATECHA Martina TOTH OYA Martin RUSEK	Between symbols and particles: Investigating the complexity of learning chemical equations.	Education Sciences	2024

M-71	Fridah ROTICH Lyniesha WARD Maia POPOVA	Attention is currency: how surface features of Lewis structures influence organic chemistry student reasoning about stability.	Chemistry Education Research and Practice	2024
M-72	İsaiah NELSEN Eyeshadow FARHEEN Scott E. LEWIS	How ordering concrete and abstract representations in inter molecular force chemistry tasks influences students' thought processes on the location of dipole–dipole interactions.	Chemistry Education Research and Practice	2024
M-73	Nabeh AL-ATAWNA Elon LANGBEHEIM	Concreteness of energy and bonding concepts in 9th grade chemistry – examining learning among high and low achievers.	International Journal of Science Education	2025
M-74	Sebastian NICKEL Steffen BROCKMULLER William J. BOONE Sebastian HABIG	Measuring representational competence – analyses of dimensionality and the relationship to general content knowledge.	International Journal of Science Education	2025
M-75	Monday MOJU Lezly TAYLOR Blessing IWEUNO	Tackling the challenge of chemical representations through sense making practices in chemistry education.	Discover Education	2025

M-76	Jack D. POLIFKA Cinzia CERVATO Thomas A. HOLME	What does validating a variable representation assessment tell us about how introductory chemistry and geology students use multiple external representations?	International Journal of Science Education	2025
M-77	Jianqiang YE Yubin ZHENG Xinyi SUN Shuaishuai MI Dimei CHEN Yanlan WAN	Effects of micro computer-based and simulation-based laboratories on students' conceptual learning under multiple representation thinking.	Journal of Chemical Education	2025

EK B: Çalışmada İncelenen Tezler (Yüksek lisans)

Araştırma no	Tez no	Yazar	Yıl	Tezadı
T-1	610336	Ayşenur YILDIRIM	2019	Ders kitaplarındaki kimyasal gösterimlerin öğretmen adaylarının algılamaları kapsamında incelenmesi.
T-2	562025	Gülşah DEMİRCAN	2019	Kimyasal gösterimler: Ders kitaplarında kullanımı ve öğrenmedeki rolü.
T-3	781602	Seyhan BARAN	2022	Kimya öğretmenlerinin kimyasal denge konusundaki kimyasal gösterimleri anlama düzeylerinin ve kimyasal gösterimler arasında dönüşüm yapabilme becerilerinin belirlenmesi.
T-4	726875	Büşra ÇETİN	2023	Fen bilgisi ve kimya ders kitaplarındaki kimyasal gösterimlerin analizi
T-5	836778	Çağla KAPAR KARABACAK	2023	Fen bilgisi öğretmenlerinin iyonik çözünme konusunu anlamalarında ders kitaplarındaki kimyasal gösterimlerin rolü.
T-6	793420	Serhat KAPUCU	2023	Öğretmen adaylarının ve öğretmenlerin kimyasal gösterimler arası geçiş yapma yeterlikleri: Bir ölçek uyarlama çalışması.
T-7	823403	Yağmur ŞEVİK	2023	Temel kimya kavramlarının kavram karikatürleri ile desteklenen argümantasyon yöntemiyle öğretiminin öğretmen adaylarının kimyasal gösterimleri anlamasına etkisi.
T-8	926887	Emine SOYUTEK	2025	9.sınıf kimya ders kitaplarındaki görsellerin içerik ve kazanımlar doğrultusunda kimyanın üçlü doğası yönüyle incelenmesi: 2018 ve 2024 müfredatları.