

Makale Türü: Araştırma Makalesi

Sanal Laboratuvar Destekli Ters Yüz Edilmiş Öğrenme Modelinin Öğrencilerin Bilişsel Yapılarındaki Değişime Etkisi

Burcu SOLAK¹

Yıldız Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Eğitimi Bölümü
ORCID ID: 0000-0002-8923-8095

Bayram COŞTU²

Yıldız Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Eğitimi Bölümü
ORCID ID: 0000-0003-1429-8031

ÖZ

Bu araştırmanın amacı, Sanal Laboratuvar Destekli Ters Yüz Edilmiş Öğrenme Modeli' nin (S-Lab TYEÖM) fen bilimleri dersinde öğrencilerin "Kuvvetin Ölçülmesi ve Sürtünme" ünitesi kapsamındaki kavramsal gelişimlerine ve öğrencilerin bilişsel yapılarına etkisini incelemektir. Araştırma, 2023-2024 eğitim-öğretim yılında İstanbul ilinde yer alan bir özel okulda öğrenim görmekte olan 5. sınıf düzeyindeki toplam 129 öğrenci ile gerçekleştirilmiştir. Araştırmada deney grubu-1'de S-Lab TYEÖM, deney grubu-2'de TYEÖM ve kontrol grubunda mevcut öğretim yöntemi uygulanmış; araştırma ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel desenle gerçekleştirilmiştir. Veri toplama aracı olarak Kelime İlişkilendirme Testi (KİT) kullanılmış, veriler frekans analizi ve içerik analizi değerlendirmeleri ile analiz edilmiştir. Araştırma bulguları, S-Lab TYEÖM uygulanan grupta öğrencilerin "kuvvet", "sürtünme kuvveti", "su direnci" ve "hava direnci" kavramlarına yönelik bilişsel yapılarında anlamlı gelişmeler yaşandığını, bilimsel bilgi içeren ifadelerin arttığını ve kavram yanlışlarının belirgin şekilde azaldığını göstermiştir. TYEÖM uygulanan grupta da olumlu değişimler gözlemlenmiş olmakla birlikte, sanal laboratuvar desteğinin kavramsal gelişimi daha güçlü biçimde desteklediği tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, sanal laboratuvar ve aktif öğrenme temelli öğretim yaklaşımlarının fen bilimleri eğitiminde kavram öğretimi güçlendirdiğini göstermekte ve bu tür dijital destekli modellerin eğitim programlarına entegrasyonunun önemini vurgulamaktadır.

Anahtar kelimeler: Sanal laboratuvar, ters yüz edilmiş öğrenme modeli, kavramsal öğrenme, bilişsel yapı, kelime ilişkilendirme testi, fen eğitimi.

The Effect of the Flipped Learning Model Supported by Virtual Laboratories on Students' Cognitive Structures

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the effects of the Virtual Laboratory Supported Flipped Learning Model (V-Lab FLM) on students' conceptual development and cognitive structures in the science course unit "Application of Force and Friction". The study was conducted with a total of 129 fifth grade students enrolled at a private school located in Istanbul during 2023-2024 academic year. In the study, V-Lab FLM was implemented in Experimental Group 1, FLM was applied in Experimental Group 2, and the traditional teaching method was used in the control group; the research was conducted using a quasi-experimental design with pre-test and post-test control groups. The Word Association Test (WAT) was used as the data collection tool, and the data were analyzed through frequency analysis and content analysis. The findings revealed that students in the V-Lab FLM

¹ **Sorumlu Yazar:** Doktora Öğrencisi, E-mail: solak.bburcu@gmail.com

² Prof. Dr., E-mail: bcostu@yildiz.edu.tr

group showed significant improvements in their cognitive structures related to the concepts of “force”, “frictional force”, “water resistance” and “air resistance” with an increase in scientifically accurate statements and a marked decrease in misconceptions. Although positive changes were also observed in the FLM group, the support of virtual laboratories was found to more strongly enhance conceptual development. These results indicate that virtual laboratory-supported and active learning-based instructional approaches strengthen concept teaching in science education and highlight the importance of integrating such digitally supported models into educational programs.

Keywords: Virtual laboratory, flipped learning model, conceptual learning, cognitive structure, word association test, science education.

Giriş

Son yıllarda, teknolojik gelişmeler ve yenilikçi öğretim yöntemleri sayesinde eğitim uygulamaları önemli bir dönüşüm geçirmiştir. Bu dönüşümler arasında Ters Yüz Edilmiş Öğrenme Modeli (TYEÖM) ve Sanal Laboratuvarlar (S-Lab) ön plana çıkmış; aktif, öğrenci merkezli öğrenme ortamlarının oluşturulmasına katkı sağlamıştır. TYEÖM, geleneksel sınıf ortamının dışında ders içeriklerine erişim sağlayarak, sınıf içi zamanı bilginin derinlemesine keşfi ve uygulanması için ayırmaktadır. Bu yaklaşım, eleştirel düşünme, problem çözme becerileri ve öğrenci katılımının artmasını desteklemektedir (Baig & Yadegaridehkordi, 2023).

Eş zamanlı olarak, özellikle fen eğitiminde uygulamalı deneyimlerin kavram öğreniminde kritik önem taşıdığı alanlarda, S-labların kullanımı ve etkinliği hızla artmıştır. Yapılan araştırmalar, S-Labların güvenli, erişilebilir öğrenme ortamları sunmakla kalmayıp, geleneksel laboratuvarlara kıyasla öğrencilerin kavramsal anlama düzeylerini ve bilimsel süreç becerilerini belirgin şekilde geliştirdiğini göstermektedir (Asare et al., 2023). PhET Interactive Simulations gibi platformlar, teorik bilgiyi uygulamalı deneyimlerle birleştirerek, öğrencilerin soyut bilimsel kavramları görselleştirmesine ve derin bilişsel etkileşime girmesine imkân tanımaktadır (Bazie et al., 2024).

S-Lab ile Ters Yüz Edilmiş Öğrenme Modeli’nin entegrasyonu, bu iki yöntemin güçlü yönlerini birleştiren, Sanal Laboratuvar Destekli Ters Yüz Edilmiş Öğrenme (S-Lab TYEÖM) olarak adlandırılan bir yaklaşımı ifade etmektedir. Güncel çalışmalar, bu entegre modelin öğrencilerin bilişsel yapılarını zenginleştirdiğini ve anlamlı öğrenme kapasitelerini önemli ölçüde artırdığını ortaya koymaktadır (Rosli & Ishak, 2024). Sınıf öncesi teorik öğretimi, interaktif sanal laboratuvar deneyimleriyle birleştiren S-Lab TYEÖM modeli, öğrencilere teorik anlayış ile pratik uygulama becerilerini geliştirebilecekleri yapılandırılmış ve esnek bir öğrenme yolu sunmaktadır.

Bu çalışma, fen bilimleri müfredatı bağlamında "Kuvvetin Ölçülmesi ve Sürtünme" ünitesi üzerinde S-Lab TYEÖM’ nin öğrencilerin bilişsel yapılarına etkisini incelemeyi amaçlamaktadır. SL-TYEÖM, yalnızca ters yüz edilmiş öğrenme ve geleneksel öğretim yöntemlerini karşılaştırmalı olarak analiz eden bu araştırma, bu pedagojik stratejilerin öğrencilerin kavramsal gelişimine ve bilişsel yapılarına etkisini ortaya koymaktadır. Araştırma kapsamında, ön test-son test uygulamaları ve KİT kullanılarak, entegre dijital öğrenme ortamlarının etkinliğine dair ampirik kanıtlar sağlanarak, fen eğitimindeki öğretim uygulamalarının optimize edilmesine katkı sunulması hedeflenmektedir.

Ters Yüz Edilmiş Öğrenme (TYEÖM)

Son yıllarda öğrenci merkezli öğrenme yaklaşımlarından biri olarak öne çıkan ters yüz edilmiş öğrenme modeli (TYEÖM), öğrencilerin derse ön hazırlık yapmalarına ve ders sırasında daha derinlemesine öğrenme etkinliklerine katılmalarına olanak tanımaktadır. TYEÖM, öğrencilerin geleneksel sınıf ortamındaki pasif dinleyici pozisyonundan çıkarak daha etkin bir katılımcı haline geldikleri bir öğretim yöntemidir. Bu yaklaşımla, klasik öğretim sürecinin aksine, öğrenciler öğrenme materyallerini sınıf dışında çalışır; sınıf içi zaman ise

problem çözme, tartışma ve uygulama çalışmaları gibi etkileşimli etkinlikler için kullanılır. Modelin kökeni, 1990'lı yıllarda Harvard Üniversitesi'nde Eric Mazur tarafından fizik derslerinde uygulanan “akran öğretimi” yöntemine dayanmaktadır (Mazur, 1997). Ancak model, 2000'li yılların başlarında daha yapılandırılmış bir hale gelmiş ve yaygınlaşmaya başlamıştır.

TYEÖM' ün en tanınmış öncülerinden biri olarak, 2007 yılında bu yaklaşımı lise kimya derslerinde uygulamaya koyan Colorado'daki Woodland Park Lisesi öğretmenleri Jonathan Bergmann ve Aaron Sams öne çıkar. Bergmann ve Sams, öğrencilerin ders videolarını evde izlemeleri ve sınıf süresini daha derin kavrayış sağlayacak öğrenme aktivitelerine ayırmaları için bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntem, kısa sürede birçok eğitimci ve eğitim kurumu tarafından benimsenmiş ve farklı eğitim seviyelerinde yaygın bir şekilde uygulanmıştır (Bergmann & Sams, 2012).

TYEÖM, öğrencilere kendi öğrenme hızlarında çalışma fırsatı sunar ve öğretmenlerin öğrencilerin öğrenme süreçlerini daha yakından izleyebilmelerine imkân tanır. Öğrenciler, ders içeriklerini evde kendi tempolarına uygun şekilde çalışarak, anlamadıkları noktaları tekrar edebilirler. Sınıf ortamında ise öğretmenler, öğrencilerin anlık olarak zorlandıkları konulara odaklanarak onlara bireysel destek sunabilir. Bu model, öğrencilerin öğrenme sürecinde daha fazla sorumluluk üstlenmelerini teşvik ederken aynı zamanda etkin öğrenmeyi desteklemektedir (Bishop & Verleger, 2013).

TYEÖM' ün etkili bir şekilde uygulanabilmesi için farklı araç ve teknolojilerin entegrasyonu gereklidir. Video dersler, çevrim içi testler, tartışma forumları ve etkileşimli simülasyonlar gibi dijital kaynaklar, bu modelin başarısını artırmaktadır. Öğretmenler, ders içeriklerini önceden hazırlayarak öğrencilere sunar; böylece sınıf zamanı daha verimli kullanılabilir. Ayrıca, öğrencilerin dersten önce hazırlık yapmaları beklendiğinden, sınıf içi grup çalışmaları ve tartışmalar daha etkili bir şekilde yürütülür (Hamdan, McKnight, McKnight, & Arfstrom, 2013). Modelin uygulanabilirliğini artırmak adına dijital kaynaklardan faydalanmak büyük önem taşır. Örneğin, Salman Khan tarafından oluşturulan Khan Academy platformu, öğrencilere internet üzerinden öğrenme materyalleri sunarak evde bireysel öğrenmelerini desteklemektedir (Khan, 2011). Bu gibi kaynaklar, ders öncesi hazırlığı teşvik ederek sınıf içi etkinliklerin verimliliğini artırır. Ayrıca, öğrenme yönetim sistemleri (LMS) ve etkileşimli uygulamalar, öğrencilerin öğrenme süreçlerini takip etmeye ve daha etkili bir öğrenme ortamı oluşturmaya olanak sağlar (Chen, Wang & Chen, 2014).

Sanal Laboratuvarlar (S-Lab)

S-Lablar, geleneksel laboratuvarların fiziksel ve lojistik sınırlamalarını ortadan kaldırmak amacıyla geliştirilen dijital platformlardır. Son yıllarda, fen eğitiminde giderek yaygınlaşan bu teknolojiler, öğrencilerin kuramsal bilgiyi uygulamalı becerilerle entegre etmelerini kolaylaştırmaktadır. Özellikle COVID-19 pandemisi sırasında eğitim kurumlarının fiziksel erişimlerinin kısıtlanması, sanal laboratuvarların kullanımını dünya çapında artırmıştır (Crawford et al., 2020; Ali, 2020).

Son yıllarda yapılan uluslararası araştırmalar, sanal laboratuvarların fen eğitiminde öğrenci başarısı, motivasyonu ve kavramsal anlayışı artırmadaki etkinliğini vurgulamaktadır. Örneğin, Hamed ve Aljanazrah (2020), sanal laboratuvar kullanımının öğrenci motivasyonunu ve bilimsel kavramların anlaşılmasını olumlu yönde etkilediğini belirlemiştir. Ayrıca, yapılan meta-analizler sanal laboratuvarların, geleneksel laboratuvarlara kıyasla öğrencilerin kavramsal öğrenmelerinde daha yüksek etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Potkonjak et al., 2016; De Jong, Linn & Zacharia, 2013). Sanal laboratuvarlar, öğrencilere deneyimleyerek öğrenme fırsatı sunmakta ve kavramsal yanılgıların giderilmesinde kritik rol oynamaktadır. PhET Interactive Simulations gibi platformlar, soyut bilimsel kavramları görsel ve etkileşimli araçlarla somutlaştırarak öğrenme süreçlerini desteklemektedir (Perkins et al., 2018). Son araştırmalar, bu tür simülasyonların öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini geliştirdiğini ve bilişsel yükü azalttığını belirtmektedir (Finkelstein et al., 2017; Moore et al., 2014).

Sanal laboratuvarların eğitim sürecine entegrasyonunda dijital araçların yanı sıra, pedagojik yaklaşımların önemi de vurgulanmaktadır. TYEÖM ile entegre edildiğinde, öğrencilerin laboratuvar deneylerini sınıf dışında gerçekleştirmeleri ve sınıf içi zamanlarını kavramsal tartışma ve derinlemesine analizlere ayırmaları mümkün olmaktadır. Bu entegre yaklaşım, öğrencilerin aktif öğrenme süreçlerini destekleyerek daha derin öğrenme deneyimleri yaşamalarına olanak sağlamaktadır (Sarı & Kozikoğlu, 2020). Sonuç olarak, sanal laboratuvarlar fen eğitiminde öğrencilerin kavramsal anlayışını artırmakta ve uygulamalı beceriler geliştirmelerine olanak tanımaktadır. Bu teknolojilerin fen eğitimine entegrasyonu, dijital öğrenme ortamlarının etkinliğini artırmakta ve öğrencilerin bilişsel yapılarını zenginleştirmektedir.

S-Lab Entegre Edilmiş TYEÖM

Eğitimde dijital dönüşüm, öğretim yaklaşımlarını yeniden tasarlamış ve yenilikçi eğitim modellerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Bu yenilikler arasında TYEÖM ile S-Lab'lar ön plana çıkmaktadır. Bu iki yöntemin birlikte kullanılması, bireysel öğrenme süreçleri ile uygulamalı öğrenmeyi bir araya getirerek daha etkili bir öğretim yöntemi oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu iki yaklaşımın bütünleştirilmesi, öğrencilerin teorik bilgileri ile uygulamalı deneyimlerini daha etkili bir biçimde harmanlamalarını mümkün kılar. Ders öncesi hazırlık sürecinde teorik öğrenme ile uygulamalı deneyim paralel yürütülür. TYEÖM çerçevesinde öğretmenler, video dersler, animasyonlar ve makaleler gibi öğrenme kaynaklarını dijital ortamda sunar. Öğrenciler ise bu kaynakları evde çalışarak temel kavramları öğrenirler. Aynı zamanda S-Lab'lar sayesinde, öğrenilen bilgilerin uygulamaya dökülmesi sağlanır. Bu sanal laboratuvarlardaki etkinlikler, quizler, deney raporları ve simülasyon çıktıları gibi araçlarla desteklenerek öğrencilerin öğrenme süreçlerinin değerlendirilmesine olanak tanır. Öğretmenler ise, sınıf içi gözlemler ve dijital ortamlardan elde edilen veriler yoluyla öğrencilere kişiselleştirilmiş geri bildirim sunabilirler.

Özellikle soyut kavramların öğretiminde, öğrenme sürecinin somutlaştırılması amacıyla teknoloji destekli öğrenme ortamlarının kullanılması önerilmektedir. Sanal laboratuvar uygulamaları, öğrencilere gerçek hayattaki deneyimlerin benzerlerini güvenli ve tekrarlanabilir bir şekilde sunmakta; böylece öğrenciler, deneyim yoluyla kavramların işleyişini gözlemleyebilmektedirler (Ercan & Şahin, 2015). Bu tür etkileşimli ortamlar, öğrencilerin kavramsal ağlarını genişletmekte ve kavram yanlışlarını düzeltmede etkili bir rol oynamaktadır (Bingöl & Halisdemir, 2017).

Bu çalışma, sanal laboratuvar entegre edilmiş ters yüz edilmiş öğrenme modeli, yalnızca ters yüz edilmiş öğrenme modeli ve mevcut öğretim modelinin öğrencilerin bilişsel yapılarına etkisini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda, öğrencilerin Kelime İlişkilendirme Testi (KİT) aracılığıyla ortaya koydukları kavramlar, kavram yanlışları ve kavramsal çeşitlilikleri incelenerek uygulanan öğretim modellerinin etkililiği karşılaştırılmıştır. Bu çalışma boyunca cevap aranan araştırma sorusu şu şekildedir:

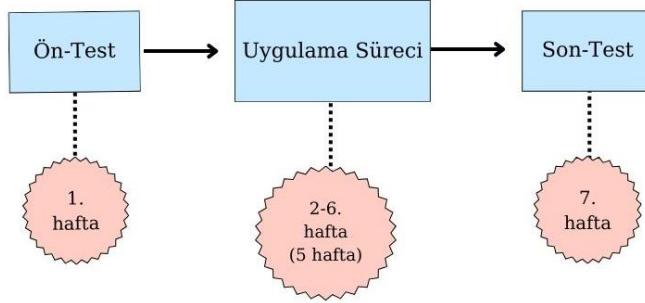
“Deney grubu 1’de TYEÖM S-Lab, deney grubu 2’de TYEÖM ve kontrol grubunda mevcut öğrenme modeli yönteminin uygulandığı öğretimde, “Kuvvetin Uygulanması ve Sürtünme” ünitesi kapsamında öğrencilerin bilişsel yapılarında nasıl bir değişim gerçekleşmiştir?”

Yöntem

Araştırma Modeli

Bu çalışmada, farklı öğretim modellerinin "Kuvvetin Ölçülmesi ve Sürtünme" ünitesine yönelik öğrencilerin kavramsal değişimleri üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma, nicel araştırma yöntemiyle yürütülmüş ve ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmada, sanal laboratuvar entegre edilmiş ters yüz edilmiş öğrenme modeli uygulanan deney grubu-1, yalnızca ters yüz edilmiş öğrenme

modeli uygulanan deney grubu-2 ve mevcut öğretim modeliyle ders işlenen kontrol grubu olmak üzere üç grup yer almıştır. Çalışma, fen bilimleri dersi kapsamında yürütülmüş ve toplamda 7 hafta süren öğretim süreci ile ön test ve son test uygulamalarını içerecek şekilde tamamlanmıştır. Öğretim süreci, araştırmacı tarafından tasarlanan "Kuvvetin Ölçülmesi ve Sürtünme" ünitesine yönelik öğretim planları doğrultusunda gerçekleştirilmiştir. Şekil 1'de araştırmanın uygulanma süreci verilmiştir:



Şekil 1. Araştırmanın uygulanma süreci

Kuvvetin Ölçülmesi ve Sürtünme

“Kuvvetin Ölçülmesi ve Sürtünme” ünitesi 5. Sınıf müfredatında yer almaktadır. Bu bağlamda, işlenen konular; kuvvet, temas gerektiren ve temas gerektirmeyen kuvvetler, esnek maddeler, dinamometrenin özellikleri, sürtünme kuvvetinin özellikleri, sürtünme kuvvetinin olumlu ve olumsuz yanları, hava direnci, su direnci, sürtünmeyi artırma ve azaltmanın yollarıdır. Video içerikler ve S-Lab uygulaması araştırmacı tarafından geliştirilmiş olup müfredata uygun içerikler öğrencilerin karşısına çıkmıştır. Tasarlanan S-Lab’da deneyler öğrencilere yarı yapılandırılmış olarak verilmiştir ve öğrencilerin deney sırasında hatasını düzeltmesi sağlanarak gerçek laboratuvar ortamı sanal ortama taşınmıştır. Çalışmada kullanılan LMS (Learning Management System=Öğrenme Yönetim Sistemi) öğrencilerin her zaman deneyimlediği bir okul sistemi olduğu için teknolojik yönden ve öğrencilerin sürece alışması yönünden yaşanabilecek sıkıntılar minimuma indirilmiştir. Sistemde öğrencilerin onlar için tanımlanan videoları izleyip izlemediği ve soruların yüzde kaçını doğru yaptığı görülmektedir. Ders planlarının hazırlanması için 2023-2024 yılında kullanılan ders kitabı ve kazanımlardan yararlanılmıştır. Bu doğrultuda konuların ve kazanımların haftalara göre dağılımı Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. “Kuvvetin Ölçülmesi ve Sürtünme” ünitesine dair konular ve kazanımlar (MEB, 2018)

Haftalar	Konu Başlıkları	Kazanımlar
Hafta 1 (4 saat)	Kuvvetin Tanımı Temas Gerektiren Kuvvetler Temas Gerektirmeyen Kuvvetler	F.5.3.1.1. Kuvvetin büyüklüğünü dinamometre ile ölçer. F.5.3.1.2. Basit araç gereçler kullanarak bir dinamometre modeli tasarlar.
Hafta 2 (4 saat)	Esnek Maddeler Dinamometrelerin Özellikleri	F.5.3.1.1. Kuvvetin büyüklüğünü dinamometre ile ölçer. F.5.3.1.2. Basit araç gereçler kullanarak bir dinamometre modeli tasarlar.
Hafta 3 (4 saat)	Sürtünme Kuvvetinin Özellikleri Sürtünme Kuvvetinin Olumlu ve Olumsuz Yanları	F.5.3.2.1. Sürtünme kuvvetine günlük yaşamdan örnekler verir.
Hafta 4 (4 saat)	Hava Direnci Su Direnci	F.5.3.2.2. Sürtünme kuvvetinin çeşitli ortamlarda harekete etkisini deneyerek keşfeder.
Hafta 5 (4 saat)	Sürtünmeyi Artırma ve Azaltmanın Yolları	F.5.3.2.3. Günlük yaşamda sürtünmeyi artırma veya azaltmaya yönelik yeni fikirler üretir.

Tablo 1 incelendiğinde, 20 ders saati boyunca bu ünite 5 kazanım üzerinden dersler devam etmiştir. Bu bağlamda, farklı öğretim modellerinin öğrencilerin "Kuvvetin Ölçülmesi ve Sürtünme" ünitesindeki kavramsal gelişimlerine etkisini karşılaştırmak önem kazanmaktadır. Örnek bir haftalık ders planı Tablo 2’de yer almaktadır:

Tablo 2. Deney 1 grubunun bir haftalık örnek ders planı

Dersler	Konu Başlıkları	Ders Öncesi Yapılanlar	Ders Sırasında Yapılanlar
1.1.	Kuvvetin Tanımı	Video 1 + Etkinlik 1	Öğrenciler 3-4 kişilik gruplara ayrılır. Karton ve renkli kalemler verilir ve kuvvet ile ilgili poster hazırlamaları istenir. Her gruptan bir sözcü seçilerek poster sınıftaki diğer arkadaşlarına sunulur. Sunumların sonunda posterlerdeki yanlışlıklar ve eksiklikler öğretmen tarafından belirlenerek giderilir.
1.2.	Temas Gerektiren ve Temas Gerektirmeyen Kuvvetler	Video 2 + Etkinlik 2	Öğrenciler 3-4 kişilik gruplara ayrılır. Onlara farklı görseller verilir ve bu görselleri temas gerektiren ve temas gerektirmeyen kuvvetler olarak sınıflandırır. Bu görseller A3 kağıdına yapıştırılır ve her bir görselin neden o grupta yer aldığına dair çıkarımlar kağıda yazılır. Her gruptan bir sözcü seçilerek çalışma kağıtları sınıfa sunulur.
1.3.	Temas Gerektiren ve Temas Gerektirmeyen Kuvvetler		Öğrencilerin kitaplarında yer alan etkinlikler her bir öğrenci tarafından bireysel olarak çözülür. Öğretmenle birlikte kontrol edilir.
1.4	Esnek Maddeler	Video 3 + Etkinlik 3	Öğrenciler 3-4 kişilik gruplara ayrılır. Öğrencilere paket lastiği, kağıt, oyun hamuru, kalem, sakız, sarmal yay, balon, sünger gibi maddeler verilir. Bunları sınıflandırarak gerekçelerini defterlerine yazmaları istenir. Öğrenciler ekstra örnekleri de kendileri eklerler.

Araştırma Grubu

Araştırma, 2023-2024 eğitim-öğretim yılında İstanbul ilinde yer alan bir özel okulda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, bu okulda öğrenim görmekte olan 5. sınıf düzeyindeki toplam 129 öğrenci yer almıştır. Tablo 3, araştırma grubunda bulunan öğrenci sayısını, ön testleri, öğretim yöntemlerini ve son testleri göstermektedir:

Tablo 3. Araştırma grupları ve her bir gruba yapılan uygulamalar

Grup	f	Ön Testler	Öğretim Yöntemi	Son Testler
Deney grubu-1	44		S-Lab TYEÖM	
Deney grubu-2	42	KİT	TYEÖM	KİT
Kontrol grubu	43		Mevcut öğrenme modeli	

Tablo 3 incelendiğinde, araştırma grupları, uygulanan öğretim modellerine göre üçe ayrılmıştır: Birinci grupta yer alan 44 öğrenciye sanal laboratuvar entegre edilmiş ters yüz edilmiş öğrenme modeli (S-Lab TYEÖM) uygulanmıştır. İkinci gruptaki 42 öğrenciye yalnızca ters yüz edilmiş öğrenme modeli (TYEÖM) uygulanırken, üçüncü grupta bulunan 43 öğrenci mevcut öğretim modeliyle öğrenim görmüştür. Araştırmada, tüm gruplara veri toplama aracı olarak KİT ön test ve son test şeklinde uygulanarak veri toplanmıştır.

Veri Toplama Araçları

Bu araştırmada veri toplama aracı olarak, “Kuvvetin Ölçülmesi ve Sürtünme” ünitesine yönelik olarak geliştirilen KİT kullanılmıştır. Bu test aracılığıyla, öğrencilerin ünite kapsamında belirlenen temel kavramlara ilişkin zihinsel çağrışımları ile kavramlar arasındaki ilişkilendirme biçimleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Testte kavram olarak “kuvvet”, “sürtünme kuvveti”, “su direnci” ve “hava direnci” kullanılmıştır. Bu seçimin temel nedeni, öğrencilerin ünite süresince özellikle bu kavramlar üzerinde yoğunlaşmalarının ve kavramlara yönelik bilgi düzeylerini derinleştirmelerinin beklenmesidir.

Test uygulaması sırasında, anahtar kavramlar, öğrencilerin karşısına her biri tek sayfada ve alt alta on kez yazılı olarak sunulmuştur. Öğrencilerden, verilen bu anahtar kavrama yönelik olarak 30 saniye içerisinde akıllarına gelen kelimeleri yazmaları ve ardından her bir kelime için anlamlı birer cümle oluşturmaları istenmiştir. Bu yöntem aracılığıyla, öğrencilerin kavramsal anlayış düzeyleri ile birlikte olası kavram yanlışları da tespit edilmeye çalışılmıştır. KİT, araştırmada tüm çalışma gruplarına hem ön test hem de son test olarak uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan anahtar kavramlardan biri olan “kuvvet” kavramına ilişkin örnek Şekil 2’de yer almaktadır:

KELİME İLİŞKİLENDİRME TESTİ-1

Aşağıda verilen kavramları ilk gördüğünüzde aklınıza gelen kelimeleri yanlarındaki boşluğa yazınız. (Süre: 30 sn)

KUVVET:.....

KUVVET:.....

KUVVET:.....

KUVVET:.....

KUVVET:.....

KUVVET:.....

KUVVET:.....

KUVVET:.....

KUVVET:.....

KUVVET:.....

Yazdığınız kelimelerden yola çıkarak “KUVVET” kavramını açıklayan bir cümle yazınız. (Süre: 30 sn)

KUVVET kavramı ile ilgili bir cümle:

.....

Şekil 2. KİT “kuvvet” kelimesine ait örnek uygulama

Kelime İlişkilendirme Testi

Öğrencilerin kavramları nasıl yapılandırdıklarını ve kavram yanlışlarının nasıl şekillendiğini anlayabilmek için, alternatif ölçme araçlarının kullanımı kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, KİT, öğrencilerin belirli kavramlarla ilgili zihinsel çağrışımlarını ve kavramlar arası ilişkilerini ortaya çıkaran etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır (Bahar & Özatl, 2003). KİT, öğrencilerin bilişsel yapılarının örgütlenme biçimini, kavramsal bağlantıların derinliğini ve doğruluğunu analiz ederek kavramsal gelişim düzeylerini objektif bir şekilde değerlendirme imkânı sunar (Çoban & Dinç Altun, 2023). Özellikle kavram öğretimi sonrası gerçekleştirilen KİT uygulamaları, öğretim öncesi ve sonrası bilişsel yapı değişimlerini gözlemlemek için güçlü bir izleme aracı olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem, öğrencilerin bilimsel kavramları anlamlandırma süreçlerindeki ilerlemeleri ve öğretimsel müdahalelerin etkililiğini ayrıntılı olarak ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda, farklı öğretim yaklaşımlarının öğrencilerin kavramsal gelişimleri üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma, sanal laboratuvar entegre edilmiş ters yüz edilmiş öğrenme modeli, yalnızca ters yüz edilmiş öğrenme modeli ve mevcut geleneksel öğretim modelinin, öğrencilerin "Kuvvetin Ölçülmesi ve Sürtünme" ünitesi kapsamındaki kavramsal anlayışlarına etkilerini ortaya koymayı hedeflemektedir. Öğrencilerden elde edilen KİT verileri aracılığıyla, kavramsal zenginlik düzeyleri, kavram yanlışları ve kavramsal çeşitlilik analiz edilerek, farklı öğretim modellerinin kavramsal öğrenmeye olan katkıları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

Verilerin Toplanması ve Analizi

Araştırma kapsamında, tüm gruplara veri toplama aracı olarak KİT, deneysel uygulamanın başında ve sonunda olmak üzere iki kez uygulanmıştır. Veri analiz sürecinde, öğrencilerin ürettikleri kelimeler ve bu kelimelerle kurdukları cümleler nicel veri analiz

teknikleri çerçevesinde değerlendirilmiştir. Öncelikle, öğrencilerin yanıtları frekans analizi yöntemiyle incelenmiştir. Ayrıca, öğrenci yanıtlarındaki kavramsal yoğunluğu daha hassas biçimde belirleyebilmek amacıyla, Bahar ve arkadaşları (1999) tarafından geliştirilen kesme noktası yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, anahtar kavramlara en sık karşılık gelen kelimelere göre kesme noktaları belirlenmiş, analiz süreci boyunca bu değerler güncellenerek tüm kelimeleri kapsayacak şekilde yapılandırılmıştır. Ayrıca, öğrencilerin kurduğu cümlelerde yer alan kavramlar, içerik analizi yoluyla ifade türlerine göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflama sürecinde kavramlar; (1) günlük hayat bağlantılı ifadeler, (2) bilimsel bilgi içeren ifadeler, (3) kavram yanlışlığı içeren ifadeler, (4) boş bırakılmış/ilişkisiz ifadeler gibi temalara göre gruplandırılmıştır. Sınıflama ölçütleri, hem öğrencilerin ifade biçimlerinin anlam düzeyi hem de kullandıkları kavramların bilimsel doğruluğu dikkate alınarak belirlenmiştir. Sınıflama süreci iki bağımsız araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiş ve %90'ın üzerinde görüş birliği sağlanmıştır. Bu yaklaşım, öğrencilerin kavramsal gelişim düzeylerini nitel açıdan değerlendirme olanağı sunmuştur.

Veri analiz sürecinde geçerlik ve güvenilirliği sağlamak amacıyla çeşitli önlemler alınmıştır. Öncelikle, kullanılan kesme noktası yöntemi (Bahar ve arkadaşları, 1999) ve ifade sınıflandırmasında başvuru frekans tablosu (Ercan, Taşdere & Ercan, 2010) alanyazında geçerliliği kabul görmüş analiz araçları olup, yöntemsel geçerliği desteklemektedir. Kavramsal analizde yorumlayıcı özneliği en aza indirmek amacıyla, öğrenci cümleleri iki bağımsız araştırmacı tarafından ayrı ayrı analiz edilmiş ve kodlamalar karşılaştırılmıştır. Araştırmacılar arası görüş birliği oranı %90'ın üzerinde bulunmuş, bu da güvenirliliğin yüksek olduğunu göstermektedir. Kodlamalarda görüş ayrılığı olan durumlar uzman görüşü alınarak birlikte değerlendirilmiş ve uzlaşa sağlanmıştır. Ayrıca, analiz sürecinde öğrenci ifadelerine ait örnek cümleler tablo hâlinde sunularak bulguların şeffaflığı ve denetlenebilirliği artırılmıştır. Bu kapsamda, araştırma bulgularının hem iç geçerlik hem de güvenirlilik açısından sağlam temellere dayandığı söylenebilir.

Bulgular

Bu bölümde, farklı öğretim yaklaşımlarının öğrencilerin “kuvvet”, “sürtünme kuvveti”, “su direnci” ve “hava direnci” kavramlarına ilişkin bilişsel yapıları üzerindeki etkisi ortaya konulmaktadır. Öğrencilerin bu kavramlara yönelik kavramsal gelişimlerini incelemek amacıyla ön test ve son test uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Öğrencilerin kavramlara ilişkin ürettikleri kelimeler ve bu kelimelerle kurdukları cümleler frekans ve içerik analizi yoluyla değerlendirilmiştir. Bulgular, öğretim uygulamalarının öğrencilerin kavramsal zenginliği ve kavram yanlışlıkları üzerindeki etkilerini ortaya koymaktadır. Analiz sürecinde, deney ve kontrol gruplarında her bir anahtar kavram için üretilen kelime çeşitliliği ve bu kelimelerin tekrar sıklıkları belirlenmiştir. Tablo 4'te farklı öğretim yöntemlerine göre grupların “kuvvet” kavramına ait ön test ve son test kelime frekansları yer almaktadır:

Tablo 4. Farklı öğretim yöntemlerine göre grupların “kuvvet” kavramına ait ön test ve son test kelime frekansları

Grup	f	Ön Test Kelime Frekansları	Öğretim Yöntemi	Son Test Kelime Frekansları
Deney grubu-1	44	307	S-Lab TYEÖM	376
Deney grubu-2	42	299	TYEÖM	356
Kontrol grubu	43	301	Mevcut öğrenme modeli	345

Tablo 4 incelendiğinde, öğrencilerin “kuvvet” kavramına yönelik ürettikleri kelime sayılarında tüm gruplarda öğretim süreci sonunda artış yaşandığı görülmektedir. S-Lab TYEÖM uygulanan deney grubu-1'de, ön testte toplam 307 kelime üretilmişken son testte bu sayı 376'ya yükselmiştir. Yalnızca TYEÖM uygulanan deney grubu-2'de de benzer bir artış yaşanmış, ön testte 299 olan kelime sayısı son testte 356 olmuştur. Mevcut öğretim yönteminin

uygulandığı kontrol grubunda ise öğretim süreci sonrasında kelime üretimi artmış, ön testte 301 olan kelime sayısı son testte 345'e ulaşmıştır. Deney grubu 1'e ait ön test ve son testte öğrenciler tarafından üretilen kelimeler, belirlenen kesme noktalarına göre sınıflandırılarak Tablo 5'te yer almaktadır:

Tablo 5. Deney grubu 1'in "kuvvet" kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinin kesme noktalarına göre dağılımı

Kesme Noktaları	Ön Test Kelimeler	Son Test Kelimeler
20 ve üzeri	Çekme, itme, hızlanma	Yayın cinsi, mıknatıs, yay, Newton, temas gerektiren, hızlanma, uzama miktarı, bölme sayısı
15–19	Yavaşlama, hareket	Yavaşlama, dinamometre, durdurma, dolanma, dönme, şekil değiştirme, temas gerektirmeyen
10–14	Yön değiştirme, bükme, araba, güç, insan, fen bilimleri, fizik	Esnek madde, yön değiştirme
5–9	Kas, çanta, denge, dönme, kedi, yer değiştirme, kitap, salıncak	Deney
1–4	Eğme, telefon, okul, yırtma, kuş, uçurtma, masa, sandalye, elma, kalem, güçlü, kaydırak, hız, park, goril, kırma, dolanma, kapak, esneme, sert, tren, yerçekimi, mıknatıs, değişken, etkinlik, laboratuvar, itme, çekme	Video, bağımsız değişken, bağımlı değişken, etkinlik, grup çalışması, laboratuvar, itme, çekme

Tablo 5 incelendiğinde, 20 ve üzeri kesme noktasında ön testte yer alan kelimeler "çekme", "itme" ve "hızlanma" olarak belirlenmiştir. Bu ifadeler, öğrencilerin kuvvet kavramına yönelik en yoğun çağrışımlarının bu temel kavramlar üzerinde yoğunlaştığını göstermektedir. Son testte ise "yayın cinsi", "mıknatıs", "yay", "Newton", "temas gerektiren", "hızlanma", "uzama miktarı" ve "bölme sayısı" gibi kavramların öne çıktığı görülmektedir. 15–19 kesme noktasında, ön testte "yavaşlama" ve "hareket" kelimeleri yer almakta iken son testte "yavaşlama", "dinamometre", "durdurma", "dolanma", "dönme", "şekil değiştirme" ve "temas gerektirmeyen" gibi kavramlar ortaya çıkmıştır. 10–14 kesme noktasında, ön testte öğrenciler "yön değiştirme", "bükme", "araba", "güç", "insan", "fen bilimleri" ve "fizik" gibi kelimeler kullanmışlardır. Son testte ise bu aralıkta "esnek madde" ve "yön değiştirme" kavramlarının yer aldığı görülmektedir. 5–9 kesme noktasında, ön testte "kas", "çanta", "denge", "dönme", "kedi", "yer değiştirme", "kitap" ve "salıncak" gibi kelimeler bulunurken, son testte yalnızca "deney" kelimesi yer almıştır. Son olarak, 1–4 kesme noktasında ön testte "eğme", "telefon", "okul", "yırtma", "kuş", "uçurtma", "masa", "sandalye", "elma", "kalem", "güçlü", "kaydırak", "hız", "park", "goril", "kırma", "dolanma", "kapak", "esneme", "sert", "tren", "yerçekimi", "mıknatıs", "değişken", "etkinlik", "laboratuvar", "itme" ve "çekme" gibi oldukça çeşitli kelimeler yer almıştır. Son testte ise "video", "bağımsız değişken", "bağımlı değişken", "etkinlik", "grup çalışması", "laboratuvar", "itme" ve "çekme" kelimeleri bulunmuştur. Deney grubu 2'ye ait ön test ve son testte öğrenciler tarafından üretilen kelimeler, belirlenen kesme noktalarına göre sınıflandırılarak Tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 6. Deney grubu 2'nin "kuvvet" kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinin kesme noktalarına göre dağılımı

Kesme Aralığı	Ön Test Kelimeler	Son Test Kelimeler
20 ve üzeri	Çekme, hızlanma, itme, yavaşlama	Yay, şekil değiştirme, mıknatıs, uzama miktarı, dinamometre, durdurma, temas gerektirmeyen, yayın cinsi
15–19	Durma	Newton, hızlanma, dönme, dolanma, temas gerektiren, yön değiştirme

10–14	Yön değiştirme, hareket, şekil değiştirme, kas, yer değiştirme, güç, masa, kitap, fizik, dolanma, dönme, bükme	Bölme sayısı
5–9	Araba, sandalye, salıncak, yol, fen bilimleri, hızlı, okul, denge, kırma, kuş, yer çekimi, kalem, durdurma, müzik, çekmece, güneş, yazma	Video
1–4	Goril, telefon, tekerlek, insan, uçak, hız, eğme, kuş, kol, elma, kütle, orangutan, taş, yay, topa vurma, at, eşek, gemi, havuç, hafif, öğretmen, muz, ödev, düz yön, at arabası, kavram, esneme, sıkma, uçurma	İtme

Tablo 6 incelendiğinde, 20 ve üzeri kesme noktasında ön testte “çekme”, “hızlanma”, “itme” ve “yavaşlama” kelimeleri yer almıştır. Son testte ise “yay”, “şekil değiştirme”, “mıknatıs”, “uzama miktarı”, “dinamometre”, “durdurma”, “temas gerektirmeyen” ve “yayın cinsi” gibi daha çeşitli ve daha teknik kavramların öne çıktığı görülmektedir. 15–19 kesme noktasında, ön testte yalnızca “durma” kelimesi yer alırken, son testte “Newton”, “hızlanma”, “dönme”, “dolanma”, “temas gerektiren” ve “yön değiştirme” gibi kavramlar üretilmiştir. 10–14 kesme noktasında, ön testte “yön değiştirme”, “hareket”, “şekil değiştirme”, “kas”, “yer değiştirme”, “güç”, “masa”, “kitap”, “fizik”, “dolanma”, “dönme” ve “bükme” gibi çeşitli kelimeler yer almıştır. Son testte ise bu aralıkta yalnızca “bölme sayısı” kavramı bulunmuştur. 5–9 kesme noktasında, ön testte “araba”, “sandalye”, “salıncak”, “yol”, “fen bilimleri”, “hızlı”, “okul”, “denge”, “kırma”, “kuş”, “yer çekimi”, “kalem”, “durdurma”, “müzik”, “çekmece”, “güneş” ve “yazma” gibi pek çok kelime yer alırken, son testte yalnızca “video” kelimesi kullanılmıştır. Son olarak, 1–4 kesme noktasında ön testte “goril”, “telefon”, “tekerlek”, “insan”, “uçak”, “hız”, “eğme”, “kuş”, “kol”, “elma”, “kütle”, “orangutan”, “taş”, “yay”, “topa vurma”, “at”, “eşek”, “gemi”, “havuç”, “hafif”, “öğretmen”, “muz”, “ödev”, “düz yön”, “at arabası”, “kavram”, “esneme”, “sıkma” ve “uçurma” gibi oldukça geniş bir kavram çeşitliliği görülmektedir. Son testte ise yalnızca “itme” kelimesinin kullanıldığı belirlenmiştir. Kontrol grubuna ait ön test ve son testte öğrenciler tarafından üretilen kelimeler, belirlenen kesme noktalarına göre sınıflandırılarak Tablo 7’de yer almaktadır.

Tablo 7. Kontrol grubunun “kuvvet” kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinin kesme noktalarına göre dağılımı

Kesme Aralığı	Ön Test Kelimeler	Son Test Kelimeler
20 ve üzeri	Çekme, itme	-
15–19	Yavaşlama	Bölme sayısı, dinamometre
10–14	Hızlanma, yer değiştirme, hareket, yön değiştirme, şekil değiştirme, durma, insan, kas, fizik, dönme, kitap, bükme, çanta	Yay, dönme, esnek madde, elma, dolanma, temas gerektirmeyen, şekil değiştirme, mıknatıs, kuvvet, hızlanma, uzama miktarı, yön değiştirme, araba, yayın cinsi, Newton
5–9	Sandalye, fen bilimleri, araba, okul, güç, denge, dolanma, masa, kitap, bükme, çanta	Temas gerektiren, yavaşlama, sandalye, çekmece, su, kitap, çanta, durdurma, temas, çanta, kalem, masa, telefon
1–4	Telefon, kedi, koparma, halat, el, güçlü, sıkma, kuş, rüzgar, yol, müzik, yerçekimi, kol, ip, salıncak, elma, sürtünme, yırtma, çekmece, dolap, ağırlık, güneş, kağıt, dönme dolap, tutma, vurma, kopartma, sapan, basma	Güneş, şelalenin akması, yağmur, pedal çevirmek, bayrak, bardak, topa vurma, ayakkabı bağcığı, ok, lastik, şelale, rüzgar, kuş, saçın kabarması, dalgalanma, roket, yapraklar, itme, çekme

Tablo 7 incelendiğinde, kontrol grubunun “kuvvet” kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinde farklı kesme noktalarına göre anlamlı değişimler gözlemlenmektedir.

20 ve üzeri kesme noktasında ön testte yalnızca “çekme” ve “itme” kelimeleri yer almakta, son testte ise bu kesme noktasında herhangi bir kavramın bulunmadığı görülmektedir. 15–19 kesme noktasında ön testte yalnızca “yavaşlama” kavramı öne çıkarken, son testte “bölme sayısı” ve “dinamometre” kavramları yer almıştır. 10–14 kesme noktasında ön testte öğrenciler “hızlanma”, “yer değiştirme”, “hareket”, “yön değiştirme”, “şekil değiştirme”, “durma”, “insan”, “kas”, “fizik”, “dönme”, “kitap”, “bükme” ve “çanta” gibi kelimeleri kullanmışlardır. Son testte ise “yay”, “dönme”, “esnek madde”, “elma”, “dolanma”, “temas gerektirmeyen”, “şekil değiştirme”, “mıknatıs”, “kuvvet”, “hızlanma”, “uzama miktarı”, “yön değiştirme”, “araba”, “yayın cinsi” ve “Newton” kelimeleri yer almıştır. 5–9 kesme aralığında ön testte “sandalye”, “fen bilimleri”, “araba”, “okul”, “güç”, “denge”, “dolanma”, “masa”, “kitap”, “bükme” ve “çanta” gibi günlük yaşamdan alınmış nesne ve durum temelli kelimeler tercih edilmiştir. Son testte ise “temas gerektiren”, “yavaşlama”, “sandalye”, “çekmece”, “su”, “kitap”, “çanta”, “durdurma”, “temas”, “çanta”, “kalem”, “masa” ve “telefon” gibi daha geniş, deneyimsel ve teknolojik içerikli ifadeler kullanılmıştır. 1–4 kesme noktasında ise ön testte öğrenciler çok çeşitli ve dağınık kelimeler üretmiştir: “telefon”, “kedi”, “koparma”, “halat”, “el”, “güçlü”, “sıkma”, “kuş”, “rüzgâr”, “yol”, “müzik”, “yerçekimi”, “kol”, “ip”, “salıncak”, “elma”, “sürtünme”, “yırtma”, “çekmece”, “dolap”, “ağırlık”, “güneş”, “kağıt”, “dönme dolap”, “tutma”, “vurma”, “kopartma”, “sapan” ve “basma”. Son testte ise daha uygulamalı ve gözlemlenebilir fiziksel süreçleri içeren ifadeler tercih edilmiştir: “güneş”, “şelalenin akması”, “yağmur”, “pedal çevirmek”, “baraj”, “bardak”, “topa vurmak”, “ayakkabı bağcığı”, “ok”, “lastik”, “şelale”, “rüzgâr”, “kuş”, “saçın kabarması”, “dalgalanma”, “roket”, “yapraklar”, “itme” ve “çekme”. Öğrencilerin ön testte “kuvvet” kavramına yönelik verdikleri ifadeler ise, günlük hayat bağlantısı, bilimsel bilgi, kavram yanlışlığı ve boş bırakılmış/ilişkisiz ifadeler şeklinde sınıflandırılarak Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Ön testte “kuvvet” kavramına yönelik verilen ifadelerin grup ve ifade türüne göre sınıflandırılması

Grup	f	Günlük hayat bağlantılı ifadeler	Bilimsel Bilgi içeren ifadeler	Kavram yanlışlığı içeren ifadeler	Boş bırakılmış / ilişkisiz ifadeler
Deney grubu-1	44	9	18	12	5
Deney grubu-2	42	12	15	8	7
Kontrol grubu	43	18	16	4	5

Tablo 8 incelendiğinde, ilk olarak günlük hayat bağlantılı ifadeler açısından en yüksek değerin kontrol grubunda olduğu görülmektedir. Kontrol grubu öğrencileri toplam 18 günlük hayat bağlantılı ifade üretirken, deney grubu-2’de bu sayı 12, deney grubu-1’de ise 9 olarak tespit edilmiştir. Bilimsel bilgi içeren ifadeler bakımından deney grubu-1, toplam 18 ifade ile en yüksek değere ulaşmıştır. Deney grubu-2’de bilimsel bilgi içeren ifade sayısı 15 olarak belirlenmiş, kontrol grubunda ise bu sayı 16 olmuştur. Kavram yanlışlığı içeren ifadeler değerlendirildiğinde, deney grubu-1 toplam 12 kavram yanlışlığına yer vermiştir. Deney Grubu-2 öğrencileri 8 kavram yanlışlığı içeren ifade üretirken, kontrol grubunda bu sayı 4 olarak belirlenmiştir. Son olarak, boş bırakılmış veya ilişkisiz ifadeler açısından gruplar arasında belirgin bir fark bulunmamaktadır. Deney grubu-1 ve kontrol grubu öğrencileri 5 ifade ile eşit sayıda boş veya ilişkisiz ifade üretmiş, Deney grubu-2’de ise bu sayı 7 olarak tespit edilmiştir. Öğrencilerin ön testte “kuvvet” kavramına ilişkin verdikleri örnek cümleler, ifade türlerine göre gruplandırılarak Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Deney ve kontrol gruplarının “kuvvet” kavramına ilişkin ifade türlerine ait ön test cümle örnekleri

Gruplar	Günlük hayat bağlantılı ifadelere ait cümleler	Bilimsel bilgi içeren ifadelere ait cümleler	Kavram yanlışlığı içeren ifadelere ait cümleler
---------	--	--	---

Deney grubu-1	-Annem arabayı itmek için kuvvet uyguladı. -Dolabı açmak için koltuğu çektim. -Hızlanma ve yavaşlama kuvvetin etkisidir.	-Kuvvetin iki çeşidi itme ve çekmedir. -Kuvvet cisimlerin şeklini değiştirir. -Kuvvet bir cismi durdurabilir ve yavaşlatabilir.	-Kuvvetin görevi hareket ettirmektir. -Spor yaparsam kaslarım kuvvetlenir. -Kuvvet, güçlü olmak mesela birisine vurmadır.
Deney grubu-2	-Futbol oynarken topa vurduğumda ona kuvvet uyguladım. -Beni biri ittiğinde ben de ona geri kuvvet uyguladım. -Arabamı itersem biraz hareket edebilir ama sonra durur.	-Kuvvet, cisimlerin hızını değiştirebilir ya da yönlerini değiştirebilir. -İtme ve çekme kuvvetleri cisimlerin hareketini değiştirebilir. -Mıknatıslar birbirini çekebilir ya da itebilir.	-Bir nesne hareket ediyorsa ona sürekli kuvvet uygulanmalıdır yoksa durur. -Yerçekimi sadece Dünya'da vardır, uzayda yerçekimi yoktur. -Hareket eden her cisim bir süre sonra kendi kendine durur.
Kontrol grubu	- Rafi düzeltmek için yavaşça ittim. - Arkadaşım bisikleti çekerek götürdü çünkü zinciri çıkmıştı. -Kimseye kuvvet uygulamak istemem.	- Aynı anda hem itme hem çekme kuvveti uygulanabilir. -Kuvvet, bir cismi iterek ya da çekerek hareket ettirebilir. - Duran bir cisme kuvvet uygulanırsa hareket etmeye başlayabilir.	- Kuvvet uygulandığında cisim her zaman hızlanır. - Kuvvet sadece temasla uygulanır, uzaktan uygulanamaz. - Kuvvetin etkisi bir saniye filan sürer.

Tablo 9 incelendiğinde, öğrencilerin günlük hayat bağlantılı ifadelerinde daha çok kuvvetin günlük yaşamdaki pratik uygulamalarına odaklandıkları görülmektedir. Deney grubu-1’de öğrenciler, arabayı itmek, dolabı açmak ve hızlanma veya yavaşlamayı kuvvetin etkisi olarak tanımlama gibi örneklerle günlük yaşamdan somut durumları ifade etmişlerdir. Deney grubu-2 öğrencileri ise, futbol oynarken topa vurmaya, biri tarafından itildiğinde geriye doğru hareket etmek ya da arabayı itmenin hareket üzerindeki etkisini vurgulayan cümleler kurmuşlardır. Kontrol grubunda ise, rafi düzeltmek için kuvvet uygulamak, bisikleti çekerken zincirin çıkması gibi örneklerin yanı sıra, kuvvet uygulamayan birinin nesneyi hareket ettiremeyeceği yönünde ifadeler kullanılmıştır.

Bilimsel bilgi içeren ifadeler değerlendirildiğinde, öğrencilerin daha çok kuvvetin temel tanım ve etkilerine odaklandıkları görülmektedir. Deney grubu-1’de kuvvetin itme ve çekme olarak iki çeşidinin bulunduğu, kuvvetin cisimlerin şeklini değiştirdiği veya bir cismi durdurabileceği gibi doğru bilimsel açıklamalar yer almaktadır. Deney grubu-2 öğrencileri, kuvvetin cismin hızını ve yönünü değiştirebileceğini, itme ve çekme kuvvetlerinin cisimleri hareket ettirebildiğini ya da mıknatıslar gibi bazı cisimlerin çekme etkisine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Kontrol grubundaki öğrenciler ise, kuvvetin aynı anda hem itme hem çekme olarak uygulanabileceğini, bir cismin kuvvet uygulanmadığında hareket etmeyeceğini ve durması için kuvvet uygulanması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Kavram yanlışlığı içeren ifadeler incelendiğinde, öğrencilerin kuvvetin etkileri ve sürekliliği konusunda bazı yanlış anlamalara sahip oldukları dikkat çekmektedir. Deney grubu-1’de öğrenciler, kuvvetin yalnızca hareket ettirmek için kullanıldığı, spor yapmanın kasları kuvvetlendirdiği veya kuvvetin güçlü olmakla eşdeğer olduğu gibi yanlış ifadelerle yer vermişlerdir. Deney grubu-2’de ise, hareket eden bir nesneye sürekli olarak kuvvet uygulanması gerektiği, yerçekiminin yalnızca Dünya’da etkili olduğu veya hareket eden nesnelerin kendi kendine durduğu yönünde kavram yanlışlıkları görülmektedir. Kontrol grubundaki öğrenciler de, kuvvet uygulandığında cismin her zaman hızlanacağı, kuvvetin sadece temasla uygulanabileceği ve kuvvetin etkisinin yalnızca kısa süreli olacağı gibi bilimsel açıdan hatalı ifadeler kullanmışlardır. Öğrencilerin son testte “kuvvet” kavramına yönelik verdikleri ifadeler ise, günlük hayat bağlantısı, bilimsel bilgi, kavram yanlışlığı ve boş bırakılmış/ilişkisiz ifadeler şeklinde sınıflandırılarak Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Son testte “kuvvet” kavramına yönelik verilen ifadelerin grup ve ifade türüne göre sınıflandırılması

Grup	f	Günlük hayat bağlantılı ifadeler	Bilimsel Bilgi içeren ifadeler	Kavram yanlışlığı içeren ifadeler	Boş bırakılmış / ilişkisiz ifadeler
Deney grubu-1	44	12	27	4	1
Deney grubu-2	42	10	24	6	2
Kontrol grubu	43	16	24	3	0

Tablo 10 incelendiğinde, öğretim süreci sonrasında öğrencilerin kuvvet kavramına ilişkin oluşturdukları ifadelerde belirgin değişimler olduğu görülmektedir. İlk olarak günlük hayat bağlantılı ifadeler değerlendirildiğinde, kontrol grubu öğrencileri toplam 16 ifade ile en yüksek sayıya ulaşmıştır. Deney grubu-1 öğrencileri 12 günlük hayat bağlantılı ifade üretirken, deney grubu-2’de bu sayı 10 olarak belirlenmiştir. Bilimsel bilgi içeren ifadeler bakımından deney grubu-1 dikkat çekici bir artış göstermiştir. Bu grupta bilimsel bilgi içeren toplam 27 ifade üretilmiştir. Deney grubu-2’de bu sayı 24, kontrol grubunda ise yine 24 olarak kaydedilmiştir. Kavram yanlışlığı içeren ifadeler açısından bakıldığında, Deney grubu-1 toplam 4 kavram yanlışlığı içeren ifade üretmiştir. Deney grubu-2’de bu sayı 6 olurken, kontrol grubunda 3 kavram yanlışlığı içeren ifade belirlenmiştir. Son olarak, boş bırakılmış veya ilişkisiz ifadeler değerlendirildiğinde, kontrol grubunda bu tür ifadelerin tamamen ortadan kalktığı gözlenmektedir. Deney grubu-1’de yalnızca 1 boş veya ilişkisiz ifade tespit edilirken, deney grubu-2’de ise 2 olarak belirlenmiştir. Öğrencilerin son testte “kuvvet” kavramına ilişkin verdikleri örnek cümleler, ifade türlerine göre gruplandırılarak Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Deney ve kontrol gruplarının “kuvvet” kavramına ilişkin ifade türlerine ait son test cümle örnekleri

Gruplar	Günlük hayat bağlantılı ifadeler	Bilimsel bilgi içeren ifadeler	Kavram yanlışlığı içeren ifadeler
Deney grubu-1	-Kapıyı açmak için biraz kuvvet uyguladım. -Salıncağı sallamak için onu itmeme gerekiyor. -Alışveriş arabasını itmek için kuvvet gereklidir.	-Kuvvet, cisimlerin hareket yönünü ve hızını değiştirebilir. -Bir cisme uygulanan kuvvet, onun şeklini değiştirebilir. -Kuvvet, hareket eden cisimleri yavaşlatabilir.	-Bir cisme kuvvet uyguluyorsam, o hareket eder. -Hareketsiz cisimlere hiç kuvvet uygulanmaz. -Çantam çok ağır, taşıyabilmek için kuvvetli olmam gerekiyor.
Deney grubu-2	-Halat çekme oyununda hep birlikte kuvvet uyguladık. -Sandalyeyi sürüklerken biraz kuvvet harcadım. -Bisikletin pedallarını çevirirken kuvvet uyguladım.	-Kuvvet, duran bir cismi hareket ettirebilir. -Kuvvetin yönü değişirse cismin hareket yönü de değişebilir. -Cisme uygulanan kuvvet artarsa, cismin hızında da artış olabilir.	-Kuvvet görünmez olduğu için etkisi yoktur. -Sadece büyük cisimlere kuvvet uygulanabilir. -Kuvvet uyguladığım halde cisim hareket etmiyorsa kuvvet yoktur.
Kontrol grubu	-Kalem kutumu itince masanın kenarından düştü. -Sandalyeyi sessizce çekmek için yavaşça kuvvet uyguladım. -Kapıyı kapatmak için biraz kuvvet uygulamam gerekti.	-Dinamometre ile ölçülür. -Kuvvet cisimlerin şeklini de değiştirebilir, sadece hareketini değil. -Aynı büyüklükte iki zıt kuvvet uygulanırsa cisim dengede kalır.	-Yavaş hareket eden cisimlere kuvvet etki etmez. -Duran cisimlere kuvvet etki etmez. -Sadece ağır cisimlere kuvvet gerekir.

Tablo 11 incelendiğinde, öğrencilerin günlük hayat bağlantılı ifadelerinde kuvvetin gündelik yaşamda karşılaşılan eylemler üzerindeki etkisini vurguladıkları görülmektedir. Deney grubu-1’de öğrenciler, kapıyı açmak için kuvvet uygulamak, salıncağı sallamak için itme hareketi yapmak ve alışveriş arabasını itmek gibi örneklerle kuvvetin günlük kullanımlarına değinmişlerdir. Deney grubu-2 öğrencileri ise halat çekme oyununda kuvvet uygulamak, sandalyeyi sürüklerken kuvvet harcamak ve bisikletin pedallarını çevirerek kuvvet uygulamak gibi etkinlikleri ifade etmişlerdir. Kontrol grubundaki öğrenciler ise kalem kutusunu iterek masa üzerinden düşürmek, sandalyeyi sessizce kaydırmak ve kapıyı açmak gibi durumlarla kuvvetin günlük yaşamdaki etkilerini açıklamışlardır.

Bilimsel bilgi içeren ifadeler açısından değerlendirildiğinde, öğrencilerin kuvvetin temel fiziksel etkilerine daha net bir şekilde odaklandıkları görülmektedir. Deney grubu-1’de öğrenciler, kuvvetin cisimlerin hareket yönünü ve hızını değiştirebileceğini, uygulanan kuvvetin cismin şeklini değiştirebileceğini ve hareket eden cisimleri yavaşlatabileceğini ifade etmişlerdir. Deney grubu-2’de yer alan ifadeler ise kuvvetin duran bir cismi harekete geçirebileceği, yön değiştirerek cismin hareketini değiştirebileceği ve uygulanan kuvvet arttıkça hızda da artış olabileceği yönündedir. Kontrol grubundaki öğrenciler, dinamometre ile kuvvetin ölçülebileceğini, kuvvetin cisimlerin şeklini ve hareketini değiştirebileceğini ve büyük kütleli cisimleri hareket ettirmek için daha fazla kuvvet gerektiğini vurgulamışlardır.

Kavram yanlışlığı içeren ifadeler incelendiğinde, öğrencilerin bazı kavram yanlışlıklarını sürdürdükleri görülmektedir. Deney grubu-1’de öğrenciler, bir cisme kuvvet uygulanırsa mutlaka hareket edeceğini, hareketsiz cisimlere hiç kuvvet uygulanmayacağını ve ağır bir çantayı taşımak için daha fazla kuvvet gerektiğini ifade etmişlerdir. Deney grubu-2’de kuvvet görünmez olduğu için etkisinin bulunmadığı, sadece büyük cisimlere kuvvet uygulandığı ve kuvvet uygulanmasına rağmen hareket etmeyen cisimlerde kuvvetin etkisiz olduğu yönündeki yanlışlar dile getirilmiştir. Kontrol grubunda ise, yavaş hareket eden cisimlere kuvvet etki etmez, duran cisimlere kuvvet etki etmez ve sadece ağır cisimlere kuvvet gerekir şeklinde kavram yanlışlıklarına rastlanmıştır. Tablo 12’de farklı öğretim yöntemlerine göre grupların “sürtünme kuvveti” kavramına ait ön test ve son test kelime frekansları yer almaktadır:

Tablo 12. Farklı öğretim yöntemlerine göre grupların “sürtünme kuvveti” kavramına ait ön test ve son test kelime frekansları

Grup	f	Ön Test Kelime Frekansları	Öğretim Yöntemi	Son Test Kelime Frekansları
Deney grubu-1	44	258	S-Lab TYEÖM	337
Deney grubu-2	42	247	TYEÖM	311
Kontrol grubu	43	248	Mevcut öğrenme modeli	295

Tablo 12 incelendiğinde, öğrencilerin “sürtünme kuvveti” kavramına yönelik ürettikleri kelime frekanslarında tüm gruplarda öğretim süreci sonrasında artış yaşandığı görülmektedir. S-Lab TYEÖM uygulanan deney grubu-1’de, ön testte toplam 258 kelime üretilmişken, son testte bu sayı 337’ye yükselmiştir. Yalnızca TYEÖM uygulanan deney grubu-2’de ise benzer şekilde bir artış gözlemlenmiş, ön testte 247 olan kelime frekansı, son testte 311 olarak kaydedilmiştir. Mevcut öğretim yönteminin uygulandığı kontrol grubunda da öğretim süreci sonrasında kelime üretiminde artış gerçekleşmiş; ön testte 248 olan kelime sayısı, son testte 295’e ulaşmıştır. Deney grubu 1’e ait ön test ve son testte öğrenciler tarafından üretilen kelimeler, belirlenen kesme noktalarına göre sınıflandırılarak Tablo 13’te yer almaktadır:

Tablo 13. Deney grubu 1’in “sürtünme kuvveti” kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinin kesme noktalarına göre dağılımı

Kesme Noktaları	Ön Test Kelimeler	Son Test Kelimeler
20 ve üzeri	-	-
15-19	-	Deney, denge, duran cisim, fren, kuvvet, mermer zemin

10-14	Pürüzlü	Asfalt yol, buz pateni, buzlu zemin, hız değişimi, kaygan yüzey, kaykay sürmek, kayma, pürüzlü yüzey, yavaşlama, yüzey, çim yüzey
5-9	Basınç, buz, denge, dokunma, el, engel, halı zemin, hava, hızlanma, ısı, itme, kaygan, rüzgâr, su, sıvı, tahta zemin, taş, televizyon, tırmanma, yapışkan, yavaşlama, yokuş, çekme	Araba lastiği, durma, hareket, ıslak zemin, ısı, kum zemin, pürüzsüz yüzey, tahta yüzey, video, yağlamak, zımpara, tekerlek
1-4	Ayakkabı, durma, eller, kaymak, kâğıt, masa, okul, parmak, silgi, top, yön değiştirme	Bağımlı değişken, bağımsız değişken, engel, kaleci eldiveni, kayak, Newton, zıt yön, krampon

Tablo 13 incelendiğinde, deney grubu 1'in "sürtünme kuvveti" kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinde belirgin bir gelişim gözlemlenmiştir. 20 ve üzeri ve 15-19 kesme noktalarında ön testte herhangi bir kelime yer almazken, bu durum öğrencilerin başlangıçta bu kavrama dair merkezi ve sık tekrar edilen kavramlar oluşturmadığını göstermektedir. Ancak son testte 15-19 kesme noktalarında kesme aralıklarında "deney", "denge", "duran cisim", "fren", "kuvvet" ve "mermer zemin" gibi kavramların ortaya çıkması dikkat çekicidir. 10-14 kesme aralığında, ön testte yalnızca "pürüzlü" kelimesi yer alırken, son testte "asfalt yol", "buz pateni", "buzlu zemin", "hız değişimi", "kaygan yüzey", "kaykay sürmek", "kayma", "pürüzlü yüzey", "yavaşlama", "yüzey" ve "çim yüzey" gibi çok çeşitli kavramların kullanıldığı görülmektedir. Bu durum, öğrencilerin yüzey türleri ve bu yüzeylerin hareket üzerindeki etkileri hakkında daha ayrıntılı ve bağlam zengini kavramlar geliştirdiklerini ortaya koymaktadır. 5-9 kesme noktasında, ön testte öğrenciler "basınç", "buz", "denge", "dokunma", "el", "engel", "halı zemin", "hava", "hızlanma", "ısı", "itme", "kaygan", "rüzgâr", "su", "sıvı", "tahta zemin", "taş", "televizyon", "tırmanma", "yapışkan", "yavaşlama", "yokuş" ve "çekme" gibi daha çok kişisel deneyim ve gözlemlere dayalı kelimeler kullanmışlardır. Son testte ise "araba lastiği", "durma", "hareket", "ıslak zemin", "ısı", "kum zemin", "pürüzsüz yüzey", "tahta yüzey", "video", "yağlamak", "zımpara" ve "tekerlek" gibi kavramlar yer almaktadır. Bu sonuçlar, öğrencilerin sürtünme kuvveti kavramını daha teknik ve yüzey koşullarına özgü ifadelerle açıklayabildiklerini göstermektedir. 1-4 kesme aralığında ise ön testte öğrenciler "ayakkabı", "durma", "eller", "kaymak", "kâğıt", "masa", "okul", "parmak", "silgi", "top" ve "yön değiştirme" gibi daha gündelik ve basit kavramlar kullanmışlardır. Son testte ise bu aralıkta "bağımlı değişken", "bağımsız değişken", "engel", "kaleci eldiveni", "kayak", "Newton", "zıt yön" ve "krampon" gibi daha çok deneysel süreçle ilişkili ve bilimsel bağlam taşıyan ifadelerin öne çıktığı görülmektedir. Deney grubu 2'ye ait ön test ve son testte öğrenciler tarafından üretilen kelimeler, belirlenen kesme noktalarına göre sınıflandırılarak Tablo 14'te yer almaktadır:

Tablo 14. Deney grubu 2'nin "sürtünme kuvveti" kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinin kesme noktalarına göre dağılımı

Kesme Aralığı	Ön Test Kelimeler	Son Test Kelimeler
20 ve üzeri	-	Temas gerektiren kuvvet, temas gerektirmeyen kuvvet
15-19	-	Kuvvet
10-14	Buz, kum, yol	Video izleme
5-9	Araba, atlamak, bisiklet, denge, durma, düşmek, el, fren, hareket, hızlanma, kaydırak, kâğıt, koşmak, kuru, pürüzlü, sert, tahta, taş, tekerlek, tutmak, tutunmak, tırmanmak, yavaşlama, yumuşak, yürümek, çekmek, itmek	Animasyon, ayakkabı tabanı, buzda kayma, buzlu yol, cisimlerin hareketi, ders, ders içeriği, duran cisim, el sürtünmesi, engel aşma, hareket eden cisim, hareket yönü, hareketi yavaşlatma, hız kesici, kuru yüzey, masa sürtünmesi, pürüzlülük, pürüzsüzlük, soru, video, çim üzerinde koşma, çıkıntı

1-4	Ayakkabı, halat, ıslak, kaygan, kayma, parmak, top, yuvarlanmak, zıplamak	Açıklama, buz pistinde kayma, elektrikli scooter, engel, evde ders, grup çalışması, halıda kayma, halıda yürümek, konu tekrarı, kuvvetin büyüklüğü, kış lastiği, kışlık bot, lastik aşınması, masa üstünde kaydırma, merdivenden inme, sandalye çekme, tahta yüzey, taşlı yol, tekerlek yapısı, temas kuvveti, yüzey türleri, çakıllı yol, öğrenme süreci
-----	---	---

Tablo 14 incelendiğinde, deney grubu 2'nin "sürtünme kuvveti" kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinde öğretim sürecinin etkisi açıkça görülmektedir. 20 ve üzeri ve 15-19 kesme noktalarında ön testte kelime yer almazken, son testte bu aralıkta "temas gerektiren kuvvet" ve "temas gerektirmeyen kuvvet" ifadeleri yer almıştır. 10-14 kesme aralığında, ön testte öğrencilerin yalnızca "buz", "kum" ve "yol" gibi sınırlı sayıdaki kavramı kullandıkları görülmektedir. Son testte ise bu aralıkta "video izleme", "animasyon", "ayakkabı tabanı", "buzda kayma", "buzlu yol", "cisimlerin hareketi", "ders", "ders içeriği", "duran cisim", "el sürtünmesi", "engel aşma", "hareket eden cisim", "hareket yönü", "hareketi yavaşlatma", "hız kesici", "kuru yüzey", "masa sürtünmesi", "pürüzlülük", "pürüzsüzlük", "soru", "video", "çim üzerinde koşma" ve "çıkıntı" gibi oldukça çeşitli kavramların üretildiği gözlenmiştir. 5-9 kesme noktasında, ön testte öğrenciler "araba", "atlamak", "bisiklet", "denge", "durma", "düşmek", "el", "fren", "hareket", "hızlanma", "kaydırak", "kâğıt", "koşmak", "kuru", "pürüzlü", "sert", "tahta", "taş", "tekerlek", "tutmak", "tutunmak", "tırmanmak", "yavaşlama", "yumuşak", "yürümek", "çekmek" ve "itmek" gibi daha çok gündelik yaşantıya dayalı ve yüzeysel kavramlar kullanmıştır. Son testte ise bu aralıkta "açıklama", "buz pistinde kayma", "elektrikli scooter", "engel", "evde ders", "grup çalışması", "halıda kayma", "halıda yürümek", "konu tekrarı", "kuvvetin büyüklüğü", "kış lastiği", "kışlık bot", "lastik aşınması", "masa üstünde kaydırma", "merdivenden inme", "sandalye çekme", "tahta yüzey", "taşlı yol", "tekerlek yapısı", "temas kuvveti", "yüzey türleri", "çakıllı yol" ve "öğrenme süreci" gibi daha teknik ve kavramsal olarak zengin ifadeler kullanılmıştır. 1-4 kesme noktasında, ön testte "ayakkabı", "halat", "ıslak", "kaygan", "kayma", "parmak", "top", "yuvarlanmak", "zemin" ve "zıplamak" gibi daha basit ve doğrudan gözlemlenebilen kavramlar yer almıştır. Son testte ise bu kelimelerin yerini, daha anlamlı bağlamlara oturan bilimsel terimlerin aldığını ve öğrencilerin deneyimlerini yorumlama becerilerinde artış yaşandığını söylemek mümkündür. Kontrol grubuna ait ön test ve son testte öğrenciler tarafından üretilen kelimeler, belirlenen kesme noktalarına göre sınıflandırılarak Tablo 15'te yer almaktadır:

Tablo 15. Kontrol grubunun "sürtünme kuvveti" kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinin kesme noktalarına göre dağılımı

Kesme Aralığı	Ön Test Kelimeler	Son Test Kelimeler
20 ve üzeri	-	-
15-19	-	-
10-14	Halat, kaydırak, pürüzlü, yürümek	Durma, engel, hareket, hız, kayma, kuvvet, pürüzlü yol
5-9	Ayakkabı, buz, denge, düz, düşmek, hareket, hava, hızlanma, ıslak, kaygan, kayma, koşmak, kum, metal, parmak, taş, top, tutmak, tırmanmak, yol, yumuşak, zemin, zıplamak, çekmek, itmek	Ayakkabı, direnç, engel noktası, eğim, eğimli yüzey, fren balatası, itme kuvveti, kalem, kaygan zemin, kuru asfalt, kuru yüzey, pürüzlü, temas, temas gerektiren, temas gerektirmeyen, yavaşlama, yokuş, yürüyüş, zorluk, çarpışma
1-4	Araba, atlamak, bisiklet, durma, el, fren, kâğıt, kuru, sert, tahta, tekerlek, tutunmak, yavaşlama, yuvarlanmak	Ahşap, asfalt, açıklama, buz, cisimlerin hareketi, ders, duran cisim, duruş, düz zemin, elektrikli

scooter, engel aşma, engel kuvveti, frenleme, halıda kayma, hareketli cisim, hızlanma, katı, kaydırma, kaygan, lastik, lastik aşınması, makine, masa sürtünmesi, masa üstünde kaydırma, merdivenden inme, mermer, plastik, roket, sandalye çekme, su direnci, tahta yüzey, taşlı yol, temas kuvveti, yavaş hareket, yağmur, yol, zemin, çamur, çekme, çekme kuvveti, ıslak yüzey, ıslak zemin

Tablo 15 incelendiğinde, 20 ve üzeri ile 15–19 kesme noktalarında hem ön testte hem de son testte herhangi bir kelime bulunmadığı görülmektedir. 10–14 kesme noktasında, ön testte “halat”, “kaydırak”, “pürüzlü” ve “yürümek” kelimeleri yer alırken; son testte bu aralıkta “durma”, “engel”, “hareket”, “hız”, “kayma”, “kuvvet” ve “pürüzlü yol” gibi daha kavramsal ifadelerin yer aldığı görülmektedir. 5–9 kesme noktasında, ön testte öğrenciler oldukça geniş bir kavram seti üretmiş ve bu kelimeler arasında “ayakkabı”, “buz”, “denge”, “düşmek”, “hareket”, “hava”, “hızlanma”, “kaygan”, “zemin”, “çekmek”, “itmek” gibi hem gündelik deneyimlerle ilişkilendirilen hem de hareketle bağlantılı ifadeler yer almıştır. Son testte ise bu frekans aralığında yer alan kavramların “ayakkabı”, “direnci”, “engel noktası”, “eğim”, “eğimli yüzey”, “fren balatası”, “itme kuvveti”, “kalem”, “kaygan zemin”, “kuru asfalt”, “pürüzlü yüzey”, “temas”, “temas gerektiren”, “temas gerektirmeyen”, “yokuş”, “yürüyüş”, “zorluk”, “çarpışma” gibi daha teknik, fiziksel bağlamlarla ilişkilendirildiği görülmektedir. 1–4 kesme noktasında ise ön testte “araba”, “atlamak”, “bisiklet”, “durma”, “el”, “fren”, “kağıt”, “sert”, “tahta”, “tekerlek”, “tutunmak”, “yavaşlama” gibi temel günlük ifadeler ağırlıktayken, son testte bu frekans aralığında yer alan kavramların önemli ölçüde arttığı ve “ahşap”, “asfalt”, “açıklama”, “buz”, “cisimlerin hareketi”, “duran cisim”, “düz zemin”, “elektrikli scooter”, “engel”, “engel aşma”, “engel kuvveti”, “halı”, “kayganlık”, “lastik aşınması”, “makine”, “masa sürtünmesi”, “newton”, “sandalye çekme”, “tahta yüzey”, “yavaş hareket”, “çekme kuvveti”, “ıslak zemin” gibi daha teknik, soyut, deneysel ve bağlamsal olarak gelişmiş kavramların öne çıktığı görülmektedir. Öğrencilerin ön testte “kuvvet” kavramına yönelik verdikleri ifadeler ise, günlük hayat bağlantısı, bilimsel bilgi, kavram yanlışlığı ve boş bırakılmış/ilişkisiz ifadeler şeklinde sınıflandırılarak Tablo 16’da verilmiştir:

Tablo 16. Ön testte “sürtünme kuvveti” kavramına yönelik verilen ifadelerin grup ve ifade türüne göre sınıflandırılması

Grup	f	Günlük hayat bağlantılı ifadeler	Bilimsel Bilgi içeren ifadeler	Kavram yanlışlığı içeren ifadeler	Boş bırakılmış / ilişkisiz ifadeler
Deney grubu-1	44	18	7	7	12
Deney grubu-2	42	16	14	7	4
Kontrol grubu	43	10	17	9	7

Tablo 16 incelendiğinde, “sürtünme kuvveti” kavramına yönelik olarak öğrencilerin ön testte verdikleri ifadelerin grup ve ifade türüne göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Günlük hayat bağlantılı ifadeler açısından değerlendirildiğinde, deney grubu-1’de 18, deney grubu-2’de 16 ve kontrol grubunda ise yalnızca 10 ifadenin bu kategoride yer aldığı tespit edilmiştir. Bilimsel bilgi içeren ifadelerde ise en yüksek değerin 17 ifade ile kontrol grubunda, onu 14 ifade ile deney grubu-2’nin takip ettiği, deney grubu-1’in ise 7 ifade ile daha düşük seviyede kaldığı gözlemlenmektedir. Kavram yanlışlığı içeren ifadelerin dağılımı incelendiğinde, her üç grupta da benzer düzeyde kavram yanlışlığı bulunduğu ve deney grubu-1 ile deney grubu-2’de 7, kontrol grubunda ise 9 kavram yanlışlığı içeren ifadenin yer aldığı belirlenmiştir. Son olarak,

boş bırakılmış ya da ilişkisiz ifadelerin en çok deney grubu-1’de (12 ifade) yer aldığı, deney grubu-2’de bu sayının 4’e, kontrol grubunda ise 7’ye düştüğü görülmektedir. Genel olarak, deney gruplarındaki öğrencilerin kavrama daha fazla yaşam bağlamı kurdukları; kontrol grubundaki öğrencilerin ise daha fazla bilimsel içerikli bilgiye sahip oldukları söylenebilir. Öğrencilerin ön testte "kuvvet" kavramına ilişkin verdikleri örnek cümleler, ifade türlerine göre gruplandırılarak Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Deney ve kontrol gruplarının “sürtünme kuvveti” kavramına ilişkin ifade türlerine ait ön test cümle örnekleri

Gruplar	Günlük hayat bağlantılı ifadelerle ait cümleler	Bilimsel bilgi içeren ifadelerle ait cümleler	Kavram yanlışlığı içeren ifadelerle ait cümleler
Deney grubu-1	-Sürtünme kuvveti yüzeyler arasında bir temas kuvvetidir.	-Pürüzlü yerlerde cisimler daha zor hareket ediyor.	-Sürtünme kuvveti cisimleri hızlandırır.
	-Sanırım bu hareket eden bir şeyi durduran bir şeydir.	-Belki bazı yüzeyler cisimleri yavaşlatıyordur.	-Sürtünme kuvveti elektrik gibi çarpabilir.
	-Fren yaparken sürtünme kuvveti arabayı durdurur.	-Buzda yürümek zor çünkü yer ayağımızı tutmuyor.	-Sürtünme kuvveti sadece çok ağır cisimlerde olur.
Deney grubu-2	-Yeni kaykayım halıda pek gitmiyor, bir yerlere takılıyor gibi.	-Bazı zeminler hareketi zorlaştırıyor.	-Sürtünme kuvveti ne kadar azsa, o kadar zor hareket ederiz.
	-Çorapla evde yürürken kayıyorum ama terlikle yürürken kaymıyorum.	-Pürüzlü ve pürüzsüz yüzeylerin sürtünme ile ilgili olduğunu düşünüyorum.	-Sürtünme kuvveti sadece el ile bir şeye bastırınca olur.
	-Kumda koşmak daha zor, sanki ayaklarım batıyor gibi oluyor.	-Pürüzsüz yüzeyde cismin hareketi kolaydır.	-Sürtünme kuvveti varsa yürüyemeyiz.
Kontrol grubu	-Pantolonum, bacaklarım birbirine sürttüğü için yıprandı.	Halı gibi pürüzlü şeyler cisimlerin hızını azaltır.	-Sürtünme kuvveti yalnızca ayağımızla yere bastığımızda olur.
	-Kolumu duvara sürttüğüm için yara oldu.	Galiba bazı yüzeyler cisimleri daha fazla tutuyor.	-Pürüzlü yüzeylerde sürtünme olmaz çünkü cisimler takılır.
	-Taşlı yolda kaçan topu yakalamak çok kolay çünkü top uzağa gidemiyor.	Cisimlerle zemin arasında olan bir kuvvettir.	-Sürtünme havada yoktur.

Tablo 17 incelendiğinde, deney ve kontrol grubu öğrencilerinin “sürtünme kuvveti” kavramına ilişkin olarak ön testte kurdukları cümlelerin içeriksel açıdan çeşitlilik gösterdiği görülmektedir. Günlük hayat bağlantılı ifadelerle bakıldığında, öğrencilerin genellikle kişisel deneyimlerine ve somut gözlemlerine dayalı ifadeler kullandıkları dikkat çekmektedir. Örneğin, deney grubu-1’den “Fren yaparken sürtünme kuvveti arabayı durdurur.” ve deney grubu-2’den “Kumda koşmak daha zor, sanki ayaklarım batıyor gibi oluyor.” gibi ifadeler, öğrencilerin sürtünme kuvvetini gündelik yaşam bağlamında anlamlandırdıklarını göstermektedir. Kontrol grubunda ise “Pantolonum, bacaklarım birbirine sürttüğü için yıprandı.” gibi cümlelerle daha fiziksel ama yine kişisel gözleme dayalı yorumlar yapılmıştır.

Bilimsel bilgi içeren ifadelerle yönelik analizde, öğrencilerin bazı yüzeylerin hareketi zorlaştırdığı ya da sürtünmenin yüzey türü ile ilgili olduğu yönünde fikirler geliştirdikleri görülmektedir. Deney grubu-2’de yer alan “Pürüzlü ve pürüzsüz yüzeylerin sürtünme ile ilgili olduğunu düşünüyorum.” ifadesi, öğrencilerin bilimsel anlamda kavrama yönelik yapı kurmaya

başladıklarını göstermektedir. Benzer şekilde, kontrol grubundan “Halı gibi pürüzlü şeyler cisimlerin hızını azaltır.” ifadesi, öğrencinin yüzey-pürüzlülük ilişkisine dair kavramsal bağ kurduğunu ortaya koymaktadır.

Kavram yanlışlığı içeren ifadeler de dikkat çekici niteliktedir. Deney grubu-1’den “Sürtünme kuvveti cisimleri hızlandırır.” ve kontrol grubundan “Sürtünme kuvveti yalnızca ayağımızla yere bastığımızda olur.” gibi ifadeler, öğrencilerin kavramı yanlış anladıklarını göstermektedir. Öğrencilerin son testte “sürtünme kuvveti” kavramına yönelik verdikleri ifadeler ise, günlük hayat bağlantısı, bilimsel bilgi, kavram yanlışlığı ve boş bırakılmış/ilişkisiz ifadeler şeklinde sınıflandırılarak Tablo 18’de verilmiştir:

Tablo 18. Son testte “sürtünme kuvveti” kavramına yönelik verilen ifadelerin grup ve ifade türüne göre sınıflandırılması

Grup	f	Günlük hayat bağlantılı ifadeler	Bilimsel Bilgi içeren ifadeler	Kavram yanlışlığı içeren ifadeler	Boş bırakılmış / ilişkisiz ifadeler
Deney grubu-1	44	15	24	3	2
Deney grubu-2	42	10	26	4	2
Kontrol grubu	43	13	26	2	2

Tablo 18 incelendiğinde, “sürtünme kuvveti” kavramına yönelik olarak öğrencilerin son testte verdikleri ifadelerin grup ve ifade türüne göre anlamlı farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Özellikle bilimsel bilgi içeren ifadelerde tüm gruplarda belirgin bir artış olduğu dikkat çekmektedir. Deney grubu-1’de 24, deney grubu-2’de 26 ve kontrol grubunda yine 26 bilimsel bilgi içeren ifade yer almıştır. Günlük hayat bağlantılı ifadelerde ise deney grubu-1’de 15, kontrol grubunda 13 ve deney grubu-2’de 10 ifade yer almakta olup, deney grubu-1’in bu kategoride en yüksek sayıya ulaştığı görülmektedir. Kavram yanlışlığı içeren ifadelerin tüm gruplarda azaldığı ve düşük seviyelerde kaldığı; deney grubu-1’de 3, deney grubu-2’de 4 ve kontrol grubunda 2 olduğu görülmektedir. Boş bırakılmış ya da ilişkisiz ifadeler ise tüm gruplarda sabit kalmış ve yalnızca 2 ifadenin bu kategoriye dâhil olduğu tespit edilmiştir. Öğrencilerin son testte “sürtünme kuvveti” kavramına ilişkin verdikleri örnek cümleler, ifade türlerine göre gruplandırılarak Tablo 19’da verilmiştir:

Tablo 19. Deney ve kontrol gruplarının “sürtünme kuvveti” kavramına ilişkin ifade türlerine ait son test cümle örnekleri

Gruplar	Günlük hayat bağlantılı ifadeler	Bilimsel bilgi içeren ifadeler	Kavram yanlışlığı içeren ifadeler
Deney grubu-1	- Parkta kaykay yaparken beton zeminde daha zor kayıyorum.	Sürtünme kuvveti, iki yüzey birbirine temas ettiğinde oluşur.	-Sürtünme kuvveti sadece pürüzlü yüzeylerde oluşur, düz yüzeyde hiç olmaz.
	- Çekmeceyi açarken takıldı çünkü içi sürtünüyordu.	Pürüzlü yüzeylerde sürtünme kuvveti daha fazladır.	-Sürtünme kuvveti ne kadar artarsa, cisim o kadar hızlı gider.
	-Ellerimi birbirine sürttüğümde ellerim ısınıyor.	Sürtünme kuvveti, cisimlerin hareketini yavaşlatabilir veya durdurabilir.	-Sürtünme kuvveti sadece yere temas eden cisimlerde olur, havada olmaz.
Deney grubu-2	- Spor salonunda top daha hızlı gidiyor çünkü zemin kaygan.	-Sürtünme kuvveti hareketi zorlaştırıcı bir kuvvettir.	- Sürtünme kuvveti her zaman hareketi kolaylaştırır.
		-Buzlu zeminde sürtünme	-Sürtünme kuvveti sadece yere

	-Okul koridorunda kaymak daha kolay, halıda ise zor.	azdır.	düşen cisimlerde olur.
	-Merdivenlerde sürtünme kuvvetini artıran bir cisim var.	- Cisimlerin yüzeyi pürüzlü olduğunda sürtünme kuvveti artar.	-Sürtünme kuvveti hareketle aynı yöndedir.
Kontrol grubu	-Yeni botlarım zemini iyi tutuyor, karda hiç kaymıyorum.	-Pürüzlü yüzeylerde sürtünme daha fazladır.	- Sürtünme kuvvetinin yararını hiç görmedim.
	-Çekmecem çok dolu, sürtünmeden dolayı açmak zor oluyor.	-Sürtünme, cismin hareket yönüne zıt yönde etki eder.	-Sürtünme kuvveti cismi durduramaz.
	-Halıda oynadığının tekerlekleri neredeyse hiç dönmüyor.	-Pürüzsüz yüzeylerde dengede kalmak zordur.	

Tablo 19 incelendiğinde, deney ve kontrol gruplarındaki öğrencilerin “sürtünme kuvveti” kavramına ilişkin son testte verdikleri cümlelerin, öğretim sürecinin ardından kavramsal anlamda belirgin bir gelişme gösterdiği görülmektedir. Günlük hayat bağlantılı ifadelerde öğrenciler, yaşadıkları fiziksel deneyimleri sürtünme kuvveti ile ilişkilendirerek açıklamalar yapmışlardır. Örneğin, deney grubu-1’den “Parkta kaykay yaparken beton zeminde daha zor kayıyorum.” ya da “Ellerimi birbirine sürttüğümde ellerim ısınıyor.” gibi ifadeler, öğrencilerin günlük gözlemlerini kavramsal bilgiyle harmanlamaya başladığını göstermektedir. Benzer şekilde deney grubu-2 ve kontrol grubunda da zemin özellikleri, kayma, durma gibi günlük yaşam deneyimleriyle kavramın bağdaştırıldığı örnekler dikkat çekmektedir.

Bilimsel bilgi içeren ifadeler açısından değerlendirildiğinde, öğrencilerin sürtünme kuvvetinin nedenleri, etkileri ve yüzey özellikleriyle ilişkisi gibi bilimsel açıklamaları daha tutarlı ve doğru biçimde ifade ettikleri görülmektedir. Deney grubu-2’den “Cisimlerin yüzeyi pürüzlü olduğunda sürtünme kuvveti artar.” ya da kontrol grubundan “Pürüzlü yüzeylerde sürtünme daha fazladır.” gibi cümleler, öğretim sürecinin ardından kavramın temel bilimsel yönlerine dair farkındalıklarının arttığını göstermektedir.

Kavram yanılgısı içeren ifadelerin hâlâ bazı öğrencilerde devam ettiği görülmektedir. Deney grubu-1’de “Sürtünme kuvveti sadece yere temas eden cisimlerde olur, havada olmaz.” gibi ifadeler kavramın ortam bağımsızlığı yönünden yanlış anlaşıldığını ortaya koyarken, kontrol grubunda yer alan “Sürtünme kuvveti cismi durduramaz.” ifadesi, sürtünmenin etkileriyle ilgili yetersiz kavramsal anlayışı yansıtmaktadır. Tablo 20’de farklı öğretim yöntemlerine göre grupların “su direnci” kavramına ait ön test ve son test kelime frekansları yer almaktadır:

Tablo 20. Farklı öğretim yöntemlerine göre grupların “su direnci” kavramına ait ön test ve son test kelime frekansları

Grup	f	Ön Test Kelime Frekansları	Öğretim Yöntemi	Son Test Kelime Frekansları
Deney grubu-1	44	246	S-Lab TYEÖM	314
Deney grubu-2	42	234	TYEÖM	297
Kontrol grubu	43	237	Mevcut öğrenme modeli	284

Tablo 20 incelendiğinde, “su direnci” kavramına ilişkin olarak öğrencilerin ön test ve son testte ürettikleri kelime frekanslarında tüm gruplarda öğretim süreci sonrasında artış yaşandığı görülmektedir. S-Lab TYEÖM uygulanan deney grubu-1’de, ön testte 246 kelime üretilmişken, son testte bu sayı 314’e yükselmiştir. Bu artış, S-Lab destekli öğrenme ortamının öğrencilerin kavramsal kelime üretimini önemli ölçüde desteklediğini göstermektedir. Yalnızca

TYEÖM uygulanan deney grubu-2’de de benzer bir gelişim gözlemlenmiş, öğrenciler ön testte 234 kelime üretirken son testte bu sayı 297’ye çıkmıştır. Mevcut öğrenme modelinin uygulandığı kontrol grubunda ise kelime üretimi artmış, ön testte 237 olan kelime sayısı son testte 284’e ulaşmıştır. Deney grubu 1’e ait ön test ve son testte öğrenciler tarafından üretilen kelimeler, belirlenen kesme noktalarına göre sınıflandırılarak Tablo 21’de yer almaktadır.

Tablo 21. Deney grubu 1’in “su direnci” kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinin kesme noktalarına göre dağılımı

Kesme Noktaları	Ön Test Kelimeler	Son Test Kelimeler
20 ve üzeri	-	Engel, kuvvet, sudaki sürtünme, sıvı, yüzey
15–19	Balık	Hareket, zıt yön
10–14	Kuvvet, zorluk	Aerodinamik tasarım, dalgıç kıyafeti, gemi
5–9	Ahtapot, balina, can yeleği, dalga, deniz, deniz kabuğu, güç, hareket, kano, köpekbalığı, kürek, kıyı, mavi, motor, sörf, tatlı su, tuzlu su, yağmur, yelken, yüzey, çamur, itme	Akarsu, deney, deniz, gemilerin ön kısmı, göl, havuz, hızlanma, okyanus, sürat, sürat tekneleri, temas gerektiren kuvvet, video, yavaşlama, yüzmeye
1–4	Akarsu, baraj, batma, düşme, gemi, göl, havuz, ıslak, jet ski, kova, kurbağa, liman, mercan, su, sıvı, tekne, yavaşlama, yunus	Balıkların pulu, bağımlı değişken, bağımsız değişken, değişken, hareketin zorlaşması, hipotez, palet, sabit değişken, sürtünme kuvveti, ters yön

Tablo 21 incelendiğinde, deney grubu 1’in “su direnci” kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliği, kesme noktalarına göre değerlendirildiğinde öğretim süreci sonrası anlamlı değişiklikler yaşandığı görülmektedir. 20 ve üzeri kesme noktasında ön testte herhangi bir kelime yer almazken, son testte “engel”, “kuvvet”, “sudaki sürtünme”, “sıvı” ve “yüzey” gibi kavramların öne çıktığı görülmektedir. 15–19 kesme noktasında ön testte yalnızca “balık” kelimesi yer alırken, son testte “hareket” ve “zıt yön” gibi daha fiziksel ve kavramsal ifadelerin üretildiği görülmektedir. 10–14 kesme noktasında ise ön testte “kuvvet” ve “zorluk” kelimeleri sınırlı biçimde yer alırken, son testte “aerodinamik tasarım”, “dalgıç kıyafeti” ve “gemi” gibi teknik ve bağlamsal olarak daha zengin kavramların ortaya çıktığı dikkat çekmektedir. 5–9 kesme noktasında ön testte öğrenciler daha çok deniz canlıları, deniz araçları ve denizle ilgili doğal unsurlara odaklanarak “ahtapot”, “balina”, “kano”, “kürek”, “deniz kabuğu”, “dalga”, “motor” gibi kelimeler üretmişlerdir. Son testte ise bu kategoride “deney”, “temas”, “video”, “okyanus”, “gemilerin ön kısmı” gibi kavramların yer alması, öğrencilerin su direncine yönelik algılarının daha bilimsel ve deneysel boyut kazandığını göstermektedir. Son olarak, 1–4 kesme noktasında ön testte “akarsu”, “düşme”, “göl”, “sıvı”, “liman”, “tekne” gibi gündelik ve doğrudan gözleme dayalı kelimeler ön plandayken, son testte “bağımlı değişken”, “hareketin zorlaşması”, “sürtünme kuvveti”, “hipotez” ve “sabit değişken” gibi daha bilimsel, soyut ve deney temelli kavramların öne çıktığı görülmektedir. Deney grubu 2’ye ait ön test ve son testte öğrenciler tarafından üretilen kelimeler, belirlenen kesme noktalarına göre sınıflandırılarak Tablo 22’de yer almaktadır:

Tablo 22. Deney grubu 2’nin “su direnci” kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinin kesme noktalarına göre dağılımı

Kesme Aralığı	Ön Test Kelimeler	Son Test Kelimeler
20 ve üzeri	-	Sürtünme kuvveti, sıvı, yüzmeye
15–19	-	Akışkan, bot, dalış, yüzey
10–14	-	Batma, direnç, hareket, hız, sörf tahtası, yat

5-9	Ahtapot, balon, balık, banyo, dalgalanma, engel, hız, hızlanma, ileri, itme, kova, kum, köpekbaliğı, sörf, sünger, sürtünme, tuzlu su, şişe	Deney, kayık, sürtünme, video, yüzücü
1-4	Akarsu, akıntı, balina, bardak, batma, boru, damlacık, deniz, deniz kabuğu, denizanası, durma, düş, düşme, gemi, göl, hareket, havuz, içecek, kaplumbağa, kaygan, kuvvet, kıyı, mavi, mercan, meyve suyu, midye, musluk suyu, serinlik, su, su kaydıracağı, sıvı, tatlı su, tekne, yavaşlama, yağmur, yağış, yelken, yunus, yüzey, zorluk, çamur, çekme, çeşme, ıslak, şelale, şnorkel	Balık, batık, dalga kıran, dalgıç, denge, deniz, denizkızı, derinlik, gemi, göl, hava direnci, hızlanma, kano, kuvvet, okyanus, su bisikleti, su jeti, sualtı, suya atlamak

Tablo 22 incelendiğinde, deney grubu 2'nin "su direnci" kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliği kesme noktalarına göre incelendiğinde, öğretim süreci sonrasında öğrencilerin kavramsal bilgi düzeylerinde belirgin bir gelişim yaşandığı görülmektedir. 20 ve üzeri kesme noktasında ön testte hiçbir kelime bulunmazken, son testte "sürtünme kuvveti", "sıvı" ve "yüzme" gibi kavramların yer aldığı görülmektedir. 15-19 kesme noktasında da ön testte herhangi bir kelime yer almazken, son testte "akışkan", "bot", "dalış" ve "yüzey" gibi kavramların öne çıktığı dikkat çekmektedir. Bu ifadeler, öğrencilerin artık su direnci kavramını daha teknik boyutta ele alabildiklerini ve fiziksel olaylarla ilişkilendirdiklerini göstermektedir. 10-14 kesme aralığında, ön testte "batma", "direnc", "hareket", "hız", "sörf tahtası" ve "yat" gibi kavramların yer almaya başladığı ve öğrencilerin su direncinin nesneler üzerindeki etkilerini daha doğrudan kavramsallaştırdıkları görülmektedir. 5-9 kesme noktasında ön testte "ahtapot", "köpekbaliğı", "hız", "sürat", "tuzlu su" ve "şişe" gibi çeşitli kavramlar kullanılmışken, son testte "deney", "kayık", "sürtünme", "video" ve "yüzücü" gibi daha deneysel ve fiziksel bağlamlara ait kavramların yer aldığı görülmektedir. Son olarak, 1-4 kesme noktasında ön testte çok çeşitli, doğaya veya gündelik yaşama dayalı "akarsu", "şelale", "çekme", "kum", "şnorkel", "meyve suyu", "denizkızı" gibi kelimeler üretilmişken; son testte "balık", "dalga kıran", "dalgıç", "denizkızı", "derinlik", "gemi", "hava direnci", "su jeti", "suya atlamak" gibi kavramların yer aldığı görülmektedir. Kontrol grubuna ait ön test ve son testte öğrenciler tarafından üretilen kelimeler, belirlenen kesme noktalarına göre sınıflandırılarak Tablo 23'te yer almaktadır:

Tablo 23. Kontrol grubunun "su direnci" kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinin kesme noktalarına göre dağılımı

Kesme Aralığı	Ön Test Kelimeler	Son Test Kelimeler
20 ve üzeri	-	Sudaki sürtünme
15-19	-	Palet, sürtünme kuvveti
10-14	-	-
5-9	Denizanası, düşme, geri, hareket, kum, su, su kaydıracağı, sörf, sünger, sürtünme, tatlı su, tekne, yağmur, yunus, zorluk, çekme, şeffaf, şişe	Akarsu, akıntı, akış, dalga kıran, dalgıç, deniz dibi, denizaltı, derinlik, direnc, kano, kaptan, kayma, kurtarma botu, kürek, su bisikleti, sualtı, sörf, sörf tahtası, sürtünme, sıvı direnci, tekne, yavaşlama, yelken, yüzücü
1-4	Akarsu, akıntı, balina, balık, banyo, bardak, batma, dalga, dalgalanma, damlacık, deniz, deniz kabuğu, durma, düş, engel, göl, hız, hızlanma, itme, kaplumbağa, kova, kurbağa, kuvvet, köpekbaliğı, kıyı, mavi, meyve suyu, midye, musluk, musluk suyu, resif, sıvı, tuzlu su, yavaşlama, yağış, yelken, yüzey, çeşme, ıslak, şelale, şnorkel	Balina, balık, dalga, dalış, denizkızı, denizanası, gemi, göl, hız, itme, kuvvet, okyanus, su sporları, yüzey, şişme bot

Tablo 23 incelendiğinde, kontrol grubunun “su direnci” kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinde öğretim süreci sonrası bazı gelişmelerin yaşandığı görülmektedir. 20 ve üzeri kesme noktasında ön testte herhangi bir kelime bulunmazken, son testte “sudaki sürtünme” kavramının yer aldığı görülmektedir. 15–19 kesme aralığında, ön testte herhangi bir kavram yer almazken, son testte “palet” ve “sürtünme kuvveti” gibi kavramların ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. 10–14 kesme noktasında ön testte “hareket”, “kum”, “tekne”, “zor”, “şeffaf” gibi genel ve sınırlı kavramlar yer alırken, son testte “akarsu”, “dalgıç”, “dalga kıran”, “sörf tahtası”, “kurtarma botu”, “sürtünme”, “tekne” ve “yüzey” gibi daha teknik ve uygulamaya dönük kavramların öne çıktığı görülmektedir. 5–9 kesme aralığında ön testte “hareket”, “sürüklenme”, “tekne”, “çekme”, “kum” gibi kelimeler yer almakta iken son testte “dalga kıran”, “derinlik”, “su bisikleti”, “kaptan”, “kürek”, “tekne”, “yüzey”, “akıntı” gibi daha özel bağlamlara dayalı kelimeler dikkat çekmektedir. Son olarak, 1–4 kesme noktasında ön testte oldukça fazla sayıda ve geniş yelpazede kelime yer almakta, bunlar arasında “akarsu”, “dalga”, “şelale”, “şnorkel”, “tekne”, “kaplumbağa”, “tatlı su”, “yavaşlama”, “sıvı” gibi hem somut gözleme hem de günlük yaşam deneyimine dayalı kavramlar bulunmaktadır. Son testte ise bu kategoriye ait kelimelerin yine yoğun şekilde devam ettiği; ancak “denizkızı”, “şişme bot”, “sporlar”, “palet”, “dalgıç” gibi daha temsili ve bağlamsal açıdan çeşitli ifadelerin eklendiği görülmektedir. Öğrencilerin ön testte “su direnci” kavramına yönelik verdikleri ifadeler ise, günlük hayat bağlantısı, bilimsel bilgi, kavram yanlışlığı ve boş bırakılmış/ilişkisiz ifadeler şeklinde sınıflandırılarak Tablo 24’te verilmiştir.

Tablo 24. Ön testte “su direnci” kavramına yönelik verilen ifadelerin grup ve ifade türüne göre sınıflandırılması

Grup	f	Günlük hayat bağlantılı ifadeler	Bilimsel Bilgi içeren ifadeler	Kavram yanlışlığı içeren ifadeler	Boş bırakılmış / ilişkisiz ifadeler
Deney grubu-1	44	10	4	10	18
Deney grubu-2	42	9	7	13	13
Kontrol grubu	43	5	7	13	18

Tablo 24 incelendiğinde, “su direnci” kavramına yönelik olarak öğrencilerin ön testte verdikleri ifadelerin grup ve ifade türlerine göre dağılımında belirgin bazı örüntüler gözlemlenmektedir. Deney grubu-1’de öğrencilerden 10’u günlük hayat bağlantılı ifadeler üretirken, yalnızca 4’ü bilimsel bilgi içeren ifadeler kullanmıştır. Aynı grupta kavram yanlışlığı içeren 10 ifade ve boş bırakılmış ya da ilgisiz olan 18 ifade yer alması, öğretim öncesi kavramsal netlik eksikliğine işaret etmektedir. Deney grubu-2’de ise 9 günlük hayat bağlantılı ifade ve 7 bilimsel bilgi içeren ifade yer almakta, buna karşılık 13 kavram yanlışlığı ve 13 boş/ilgisiz ifade görülmektedir. Özellikle kavram yanlışlıklarının yoğunluğu, su direnci kavramının öğrenciler tarafından soyut ve zorlayıcı bulunabileceğini göstermektedir. Kontrol grubunda da benzer bir durum gözlemlenmekte, öğrenciler yalnızca 5 günlük hayat bağlantılı ve 7 bilimsel bilgi içeren ifade üretmiştir. Bununla birlikte, 13 kavram yanlışlığı ve 18 boş/ilgisiz ifade ile deney gruplarına kıyasla kavramı anlamlandırmada daha fazla zorlandıkları görülmektedir. Öğrencilerin ön testte “su direnci” kavramına ilişkin verdikleri örnek cümleler, ifade türlerine göre gruplandırılarak Tablo 25’te verilmiştir.

Tablo 25. Deney ve kontrol gruplarının “su direnci” kavramına ilişkin ifade türlerine ait ön test cümle örnekleri

Gruplar	Günlük hayat bağlantılı ifadeler	Bilimsel bilgi içeren ifadeler	Kavram yanlışlığı içeren ifadeler
Deney grubu-1	-Denizde yüzmeye çalışırken zor ilerliyorum.	-Su, hareket eden cisimleri yavaşlatıyor olabilir.	-Su direnci sadece denizlerde olur, havuzda olmaz.

	-Kıyafetle havuza girince yüzmek daha zor oluyor.	-Suyun içinde ilerlemek zor çünkü su bizi geri itiyor.	-Su direnci suyu içince hissedilir.
	-Kürek çekerken su çok bastırıyor gibi geliyor.	-Su direnci, hareketi zorlaştırır.	-Su direnci, suyun içinde hızlanmamızı sağlar.
Deney grubu-2	-Yüzerken su beni yavaşlatıyor.	-Su direnci, suyun içindeki cisimlere hareket ederken engel olur.	-Suyun içine kağıt atınca hemen batmıyor, galiba su direnci var.
	-Bazen suyun içinde yürümek çok zor oluyor.	-Suyun içinde daha az hareket edebiliyoruz çünkü bizi geri itiyor olabilir.	-Su direnci sadece büyük göllerde olur.
	-Akarsuların hızına göre su direnci değişebilir.	-Sıvılardaki sürtünme kuvvetidir.	-Eğer su direncini kaldırırsak, denizler kaybolur.
Kontrol grubu	-Denizde bir kuvvet beni engelliyor gibi.	-Su direnci, kuvvet gibi şeydir.	-Su direnci varsa yüzeyde kalamayız, hemen batarız.
	-Suya taş attığımda taş zemine çok yavaş gidiyor.	-Su direnci cismin kolayca hareket etmesini zorlaştırır.	-Su direnci balinalarda olur çünkü onlar büyük.
	-İçtiğimiz suda da su direnci var.	-Su direnci varsa sıvı direnci de vardır.	-Su direnci, cismi dibe çeker.

Tablo 25 incelendiğinde, öğrencilerin “su direnci” kavramına ilişkin ön testte verdikleri ifadelerin günlük yaşantı bağlantısı, bilimsel doğruluk ve kavram yanlışlığı açısından farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Deney grubu-1 öğrencilerinin günlük yaşamdan örnekler verirken “Denizde yüzmeye çalışırken zor ilerliyorum” veya “Kıyafetle havuza girince yüzmek daha zor oluyor” gibi ifadeler kullandıkları, bunun su direncine ilişkin gerçek yaşantı temelli gözlemlerini yansıttığı anlaşılmaktadır. Ancak bilimsel bilgiye dayalı ifadelerde ise suyun hareket eden cisimleri yavaşlattığı, geriye ittiği ya da hareketi zorlaştırdığı gibi daha kavramsal açıklamalara yer verdikleri gözlemlenmektedir. Buna karşın, “Su direnci sadece denizlerde olur, havuzda olmaz” gibi ifadeler ise kavram yanlışlarının hala varlığını koruduğunu göstermektedir.

Deney grubu-2’de de benzer bir durum söz konusudur. Öğrenciler günlük yaşamla bağlantılı olarak “Yüzerken su beni yavaşlatıyor” ya da “Akarsuların hızına göre su direnci değişebilir” gibi gözleme dayalı ifadeler kullanmışlardır. Bilimsel bilgi içeren açıklamalarda ise suyun hareketi engellediği, su direncinin azaldığı durumlarda cisimlerin daha kolay hareket ettiği gibi kavramlara yer verilmiştir. Bununla birlikte, “Su direnci sadece büyük göllerde olur” veya “Eğer su direncini kaldırırsak, denizler kaybolur” gibi yanlış kavram örnekleri de dikkat çekmektedir.

Kontrol grubundaki öğrenciler ise “Denizde bir kuvvet beni engelliyor gibi” veya “Suya taş attığımda taş zemine çok yavaş gidiyor” gibi basit gözlemlere dayalı ifadeler kullanmışlardır. Bilimsel bilgi düzeyindeki açıklamalarda su direncinin kuvvet gibi bir etkisi olduğu, cisimlerin hareketini zorlaştırdığı belirtilse de, bazı öğrencilerin “Su direnci balinalarda olur çünkü onlar büyük” ya da “Su direnci cismi dibe çeker” gibi bilimsel açıdan hatalı ve kavramsal olarak eksik ifadeler kullandıkları görülmektedir. Öğrencilerin son testte “su direnci” kavramına yönelik verdikleri ifadeler ise, günlük hayat bağlantısı, bilimsel bilgi, kavram yanlışlığı ve boş bırakılmış/ilişkisiz ifadeler şeklinde sınıflandırılarak Tablo 26’da verilmiştir.

Tablo 26. Son testte “su direnci” kavramına yönelik verilen ifadelerin grup ve ifade türüne göre sınıflandırılması

Grup	f	Günlük hayat bağlantılı ifadeler	Bilimsel Bilgi içeren ifadeler	Kavram yanlışlığı içeren ifadeler	Boş bırakılmış / ilişkisiz ifadeler
------	---	----------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------

Deney grubu-1	44	21	19	1	3
Deney grubu-2	42	16	22	3	1
Kontrol grubu	43	17	19	5	2

Tablo 26 incelendiğinde, “su direnci” kavramına yönelik son testte öğrenciler tarafından verilen ifadelerin grup ve ifade türlerine göre dağılımı, öğretim sürecinin etkilerini açıkça yansıtmaktadır. Deney grubu-1’de öğrencilerin 21’i günlük hayatla bağlantılı ifadeler kullanırken, 19’u bilimsel bilgi içeren açıklamalar yapmıştır. Aynı grupta kavram yanılgısı içeren ifadelerin yalnızca 1 adet olması ve ilgisiz/boş bırakılan ifadelerin 3 ile sınırlı kalması, öğretim sürecinin kavramsal netlik sağlama konusunda oldukça etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Deney grubu-2’de ise 16 öğrenci günlük hayatla ilişkili ifadeler üretmiş, 22 öğrenci ise bilimsel bilgiye dayalı ifadeler kullanmıştır. Kontrol grubunda ise 17 öğrenci günlük yaşantıyla ilişkili ifadeler üretmiş ve 19 öğrenci bilimsel bilgi içeren ifadeler kullanmıştır. Boş bırakılan ya da ilgisiz ifadelerin ise 2 ile sınırlı olduğu görülmektedir. Öğrencilerin son testte “su direnci” kavramına ilişkin verdikleri örnek cümleler, ifade türlerine göre gruplandırılarak Tablo 27’de verilmiştir:

Tablo 27. Deney ve kontrol gruplarının “su direnci” kavramına ilişkin ifade türlerine ait son test cümle örnekleri

Gruplar	Günlük hayat bağlantılı ifadeler	Bilimsel bilgi içeren ifadeler	Kavram yanılgısı içeren ifadeler
Deney grubu-1	-Dalgıç kıyafeti giyince suda daha rahat hareket ettim.	-Su direnci, su ile temas eden yüzey arttıkça artar.	- Su direnci, cisimlerin suda batmasına neden olur.
	-Küçük bir top, suda büyük bir topa göre daha hızlı gidiyor.	-Cisimlerin şekli, su direncinin büyüklüğünü etkiler.	
	- Hızlı yüzmeye çalışınca su bana daha çok direnir.	- Su direnci, su içinde hareket eden cisimlerin hızını azaltır.	
Deney grubu-2	-Tekneler su direncine karşı tasarlanmıştır.	-Su direnci, su içinde hareket eden cisimlere karşı etki eden yavaşlatıcı kuvvettir.	-Su direnci cismi suyun dibine çeker.
	-Yüzme yarışlarında su direncini azaltan mayolar giyilir.	-Geniş yüzeyli cisimler suda daha fazla dirençle karşılaşır.	-Su direnci sadece dalgalı denizlerde olur, durgun suda olmaz.
	-Balıkların vücudu su direncinden daha az etkilenmek için kaygandır.	-Su direnci, cismin hızını azaltır ve hareketini zorlaştırır.	-Bütün sıvıların direnci aynıdır, çünkü hepsi su.
Kontrol grubu	-Oyuncak gemiyi suya koyunca hemen gitmedi.	-Su direnci, cismin su içindeki hareketine karşı oluşur.	-Su direnci balıklarda olur çünkü onlar hep sudadır.
	-Dalgıç kıyafeti su direncini biraz azaltır.	-Su direnci, sudaki sürtünme kuvvetidir.	-Su direnci sürat motorlarını hızlandırır.
	-Suyun içinde koşmak çok zor.	-Su direnci, hareketi yavaşlatabilir.	-Su direnci hareket etmeyen cisimlerin hareket etmesini sağlar.

Tablo 27 incelendiğinde, deney ve kontrol gruplarının “su direnci” kavramına ilişkin son testte verdikleri cümle örnekleri, öğrencilerin öğretim süreci sonrasında bu kavrama dair hem günlük yaşamla kurdukları bağları hem de bilimsel bilgi düzeylerini ortaya koymaktadır.

Deney grubu-1’de öğrenciler günlük hayatla ilişkili olarak “Dalgıç kıyafeti giyince suda daha rahat hareket ettim” veya “Küçük bir top, suda büyük bir topa göre daha hızlı gidiyor” gibi gözlemlere dayalı ve fiziksel deneyimle bağlantılı ifadeler kullanmışlardır. Bilimsel bilgi içeren ifadelerde ise “Su direnci, su içinde hareket eden cisimlerin hızını azaltır” ya da “Cisimlerin şekli, su direncinin büyüklüğünü etkiler” gibi açıklamalarla kavrama dair daha doğru ve kavramsal açıklamalar yapıldığı görülmektedir. Buna karşın, “su direnci, cisimlerin suda batmasına neden olur” gibi bazı kavram yanlışları da dikkat çekmektedir.

Deney grubu-2 öğrencileri de su direnciyle ilgili olarak “Tekneler su direncine karşı tasarlanmıştır” ya da “Balıkların vücudu su direncinden daha az etkilenmek için kaygandır” gibi gözleme dayalı, anlamlı bağlam içeren ifadeler üretmişlerdir. Bilimsel açıklamalarda su direncinin hıza, yüzey alanına ve hareket yönüne etkisi doğru biçimde ifade edilmiştir. Ancak “Bütün sıvıların direnci aynıdır, çünkü hepsi su” ya da “Su direnci sadece dalgalı denizlerde olur” gibi bilimsel hatalar da zaman zaman görülmektedir.

Kontrol grubundaki öğrenciler ise Oyuncak gemiyi suya koyunca hemen gitmedi” veya “Suyun içinde koşmak çok zor” gibi basit ve yüzeysel günlük gözlemlere dayalı ifadeler üretmişlerdir. Bilimsel bilgi içeren cümlelerde “Su direnci, sudaki sürtünme kuvvetidir” ve “Su direnci, hareketi yavaşlatabilir” gibi kısmen doğru ancak daha sınırlı açıklamalar bulunmaktadır. Kavram yanlışlığı içeren ifadeler ise “Su direnci balıklarda olur çünkü onlar hep suda” veya “Su direnci hareket etmeyen cisimlerin hareket etmesini sağlar” gibi ciddi kavramsal karışıklıkları yansıtmaktadır. Tablo 28’de farklı öğretim yöntemlerine göre grupların “hava direnci” kavramına ait ön test ve son test kelime frekansları yer almaktadır:

Tablo 28. Farklı öğretim yöntemlerine göre grupların “hava direnci” kavramına ait ön test ve son test kelime frekansları

Grup	f	Ön Test Kelime Frekansları	Öğretim Yöntemi	Son Test Kelime Frekansları
Deney grubu-1	44	227	S-Lab TYEÖM	306
Deney grubu-2	42	219	TYEÖM	295
Kontrol grubu	43	210	Mevcut öğrenme modeli	267

Tablo 28 incelendiğinde, farklı öğretim yöntemlerine göre grupların “hava direnci” kavramına ilişkin ön test ve son test kelime frekanslarında anlamlı bir artış olduğu görülmektedir. S-Lab TYEÖM uygulanan deney grubu-1’de, ön testte öğrenciler tarafından toplam 227 kelime üretilmişken, son testte bu sayı 306’ya yükselmiştir. Yalnızca TYEÖM uygulanan deney grubu-2’de ise ön testte 219 kelime üretilmiş, son testte bu sayı 295’e çıkmıştır. Mevcut öğretim modelinin uygulandığı kontrol grubunda da benzer şekilde bir artış gözlemlenmiş; ön testte 210 kelime üretilirken, son testte bu sayı 267’ye ulaşmıştır. Ancak deney gruplarına göre bu artış daha sınırlı kalmıştır. Deney grubu 1’e ait ön test ve son testte öğrenciler tarafından üretilen kelimeler, belirlenen kesme noktalarına göre sınıflandırılarak Tablo 29’da yer almaktadır.

Tablo 29. Deney grubu 1’in “hava direnci” kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinin kesme noktalarına göre dağılımı

Kesme Noktaları	Ön Test Kelimeler	Son Test Kelimeler
20 ve üzeri	-	Bisiklet, sürtünme kuvveti
15–19	Engel, gaz	Jet uçaklar, kuvvet, yüzey alanı
10–14	Fırtına, gökyüzü, hava, hava durumu, hava olayı, rüzgâr	Aerodinamik tasarım, atmosfer, deney, engel, gaz, kuşlar, paraşüt, ters yön, uçmak, yarış arabaları, meteor
5–9	Araba, balon, bulut, direnç, hareket, hortum, hız, kasırga, klima, kuş, oksijen, paraşüt, su direnci, uçak, vantilatör, yağmur, yer	Bağımsız değişken, değişken, direnç, hava akışı, kanat, su direnci, uçurtma

1-4	Kuvvet, nefes, pervane, roket, rüzgâr gülü, soğuk, yavaşlama	Helikopter, hızlı, hızlı tren, katı, roket, sıvı, yavaş
-----	--	---

Tablo 29 incelendiğinde, deney grubu 1'in "hava direnci" kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinde dikkat çekici değişimler gözlenmiştir. 20 ve üzeri kesme aralığında ön testte herhangi bir kelime yer almazken, son testte öğrenciler yalnızca "bisiklet" ve "sürtünme kuvveti" ifadelerini üretmiştir. 15-19 kesme aralığında ön testte yalnızca "engel" ve "gaz" kavramları üretilmiştir. 10-14 kesme aralığında ön testte öğrenciler "fırtına", "gökyüzü", "hava", "hava durumu", "hava olayı" ve "rüzgâr" gibi atmosferik olaylara odaklanan kavramlar kullanmıştır. Son testte ise bu alanda "aerodinamik tasarım", "atmosfer", "deney", "engel", "gaz", "kuşlar", "paraşüt", "ters yön", "uçmak", "yarış arabaları" ve "meteor" gibi kavramsal olarak daha soyut, bilimsel ve deneysel içerikli ifadelerin yer aldığı görülmektedir. 5-9 kesme noktasında, ön testte "araba", "balon", "bulut", "direnc", "hareket", "hortum", "hız", "kasırga", "klima", "kuş", "oksijen", "paraşüt", "su direnci", "uçak", "vantilatör", "yağmur" ve "yel" gibi gündelik ve doğa temelli kavramlar kullanılmıştır. Son testte ise bu aralıkta "bağımsız değişken", "değişken", "direnc", "hava akışı", "kanat", "su direnci" ve "uçurtma" gibi deneysel, değişken temelli ve teknik içerikli kavramlara yer verilmiştir. 1-4 kesme aralığında ön testte öğrencilerin çoğunlukla basit, somut nesnelerden oluşan kelimeleri tercih ettiği görülmektedir. Bu kelimeler arasında "kuvvet", "nefes", "pervane", "roket", "rüzgâr gülü", "soğuk" ve "yavaşlama" yer almıştır. Son testte ise bu aralıkta "helikopter", "hızlı", "hızlı tren", "katı", "roket", "sıvı" ve "yavaş" gibi kavramların öne çıkması dikkat çekicidir. Deney grubu 2'ye ait ön test ve son testte öğrenciler tarafından üretilen kelimeler, belirlenen kesme noktalarına göre sınıflandırılarak Tablo 30'da yer almaktadır:

Tablo 30. Deney grubu 2'nin "hava direnci" kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinin kesme noktalarına göre dağılımı

Kesme Aralığı	Ön Test Kelimeler	Son Test Kelimeler
20 ve üzeri	-	Gaz, yüzey
15-19	-	-
10-14	-	Cisim, rüzgâr akımı
5-9	Atmosfer, balon, fırtına, girdap, hava, hava kanalı, helyum, iniş, itme, kasırga, paraşüt, rüzgâr türbini, uçurtma, uçuş, yavaşlama, yerçekimi	Aerodinamik, atmosfer, balon, bağımlı değişken, bağımsız değişken, bisiklet, dar yüzey, deney, direnc, durgun hava, durma, düşmek, engel, geniş yüzey, gözlem, hareket, hava, havadaki sürtünme, hız, jet, kanat, kuş, newton, paraşüt, rüzgar türbini, spor araba, sürtünme kuvveti, uçmak, uçurtma, video, yavaşlama
1-4	Bulut, direnc, engel, fren, gaz, gemi, hava durumu, hava katmanı, hava koşulları, havalandırma, helikopter, hız kesici, hızlanma, kanat, karbondioksit, klima, kuvvet, oksijen, roket, rüzgar, su direnci, sıvı, türbülans, uçak, uçan balon, vantilatör, yamaç paraşütü, yel değirmeni, yelken, çekim, çekme	-

Tablo 30 incelendiğinde, deney grubu 2'nin "hava direnci" kavramına yönelik ön test ve son testteki kelime dağılımında dikkat çeken gelişmeler gözlemlenmektedir. 20 ve üzeri ile 15-19 kesme aralıklarında ön testte hiçbir kelime yer almamaktadır. Ancak son testte 20 ve üzeri kesme noktasında "gaz" ve "yüzey" kelimelerinin yer alması, öğrencilerin öğretim süreci sonunda kavram merkezine yönelik daha güçlü çağrışımlar oluşturduğunu göstermektedir. 10-14 kesme aralığında ön testte öğrencilerin yalnızca "atmosfer", "balon", "fırtına", "girdap", "hava", "hava kanalı", "helyum", "iniş", "itme", "kasırga", "paraşüt", "rüzgâr türbini",

“uçurtma”, “uçuş”, “yavaşlama” ve “yerçekimi” kelimelerini kullandığı görülmektedir. Son testte ise bu aralıkta “cisim” ve “rüzgâr akımı” gibi daha bilimsel ve soyut kavramların yer alması, kavram gelişiminin başladığını göstermektedir. 5–9 kesme noktasında, son testte çok sayıda ve kavramsal açıdan zengin kelimenin üretildiği görülmektedir. Bu kelimeler arasında “aerodinamik”, “atmosfer”, “balon”, “bağımlı değişken”, “bağımsız değişken”, “bisiklet”, “dar yüzey”, “deney”, “direnc”, “durgun hava”, “durma”, “düşmek”, “engel”, “geniş yüzey”, “gözlem”, “hareket”, “hava”, “havadaki sürtünme”, “hız”, “jet”, “kanat”, “kuş”, “newton”, “paraşüt”, “rüzgâr türbini”, “spor araba”, “sürtünme kuvveti”, “uçmak”, “uçurtma”, “video”, “yavaşlama” gibi ifadeler dikkat çekmektedir. 1–4 kesme aralığında ise ön testte öğrenciler çoğunlukla daha somut, gözleme dayalı ifadeler üretmiştir. Bu ifadeler “bulut”, “direnc”, “engel”, “fren”, “gaz”, “gemi”, “hava durumu”, “hava katmanı”, “hava koşulları”, “havalandırma”, “helikopter”, “hız kesici”, “hızlanma”, “kanat”, “karbondioksit”, “klima”, “kuvvet”, “oksijen”, “roket”, “rüzgar”, “su direnci”, “sıvı”, “türbülans”, “uçak”, “uçan balon”, “vantilatör”, “yamaç paraşütü”, “yel değirmeni”, “yelken”, “çekim”, “çekme” şeklindedir. Kontrol grubuna ait ön test ve son testte öğrenciler tarafından üretilen kelimeler, belirlenen kesme noktalarına göre sınıflandırılarak Tablo 31’de yer almaktadır:

Tablo 31. Kontrol grubunun “hava direnci” kavramına yönelik ön test ve son test kelime çeşitliliğinin kesme noktalarına göre dağılımı

Kesme Aralığı	Ön Test Kelimeler	Son Test Kelimeler
20 ve üzeri	-	-
15–19	-	engel, aerodinamik
10–14	bulut, direnc, hava, oksijen, rüzgâr, su	bisiklet, durgun hava, gaz, kuvvet, rüzgarlı hava, su, sürtünme, uçmak, uçurtma
5–9	fırtına, gaz, güneş, hidrojen, kar, katı, soğuk, sıvı, yağmur, yıldırım	araba, atmosfer, balon, direnc, hareket, hava, hız, hızlanmak, kanat, kuş, paraşüt, roket, rüzgar, rüzgar türbini, sürtünmeli yüzey, uçak, yavaşlama, yüzey, zıt yön
1–4	afiyet, araba, atmosfer, ağaç, basınç, bulutlu güneş, derece, direnc türü, dolu, doğa, doğal, dünya, düz, eksoz, esme, formül, hava durumu, hava gücü, havalandırma, helyum, karbondioksit, kasırga, klima, kış, rüzgarlı, sıvı, sonbahar, sıcak, toprak, vantilatör, yaz, yel, ilkbahar, insan, itme, şimşek	Newton

Tablo 31 incelendiğinde, kontrol grubunun “hava direnci” kavramına yönelik ön test ve son testte ürettiği kelimelerin kesme noktalarına göre dağılımında öğretim süreci öncesi ve sonrası arasında dikkat çekici bir değişim gözlemlenmektedir. 20 ve üzeri kesme noktasında herhangi bir kelimeye hem ön testte hem de son testte rastlanmamıştır. 10–14 kesme noktasında, ön testte “bulut, direnc, hava, oksijen, rüzgâr, su” gibi temel ve daha genel çevresel unsurlar yer alırken, son testte bu aralıkta “bisiklet, durgun hava, gaz, kuvvet, rüzgarlı hava, su, sürtünme, uçmak, uçurtma” gibi hem günlük yaşantıyla ilişkilendirilebilecek hem de kavramsal temellendirme yapılabilecek kelimeler üretilmiştir. 5–9 kesme noktasında ön testte öğrenciler “fırtına, gaz, güneş, hidrojen, kar, katı, soğuk, sıvı, yağmur, yıldırım” gibi hava olayları ve doğa temelli unsurlara odaklanmışken, son testte bu düzeyde “araba, atmosfer, balon, direnc, hareket, hava, hız, hızlanmak, kanat, kuş, paraşüt, roket, rüzgâr, rüzgar türbini, sürtünmeli yüzey, uçak, yavaşlama, yüzey, zıt yön” gibi hem mekanik hem de deneysel bağlamları içeren ve hava direncini açıklamada kullanılabilecek daha kapsamlı kavramlar yer almıştır. Son olarak 1–4 kesme noktasında ön testte oldukça çeşitli ancak dağınık yapıda kelimeler yer almıştır. Bu kelimeler arasında “afiyet, araba, atmosfer, ağaç, basınç, bulutlu güneş, derece, direnc türü, dolu, doğa, doğalgaz, düz, egzoz, esme, formül, hava durumu, hava gücü, havalandırma, helyum, karbondioksit, kasırga, klima, kış, rüzgarlı, sıvı, sonbahar, sıcak, toprak, vantilatör,

yaz, yıl, ilkbahar, insan, itme, şimşek” gibi genel çevresel, meteorolojik ve soyutlamaya uygun kavramlar görülmektedir. Öğrencilerin ön testte “hava direnci” kavramına yönelik verdikleri ifadeler ise, günlük hayat bağlantısı, bilimsel bilgi, kavram yanlışlığı ve boş bırakılmış/ilişkisiz ifadeler şeklinde sınıflandırılarak Tablo 32’de verilmiştir.

Tablo 32. Ön testte “hava direnci” kavramına yönelik verilen ifadelerin grup ve ifade türüne göre sınıflandırılması

Grup	f	Günlük hayat bağlantılı ifadeler	Bilimsel Bilgi içeren ifadeler	Kavram yanlışlığı içeren ifadeler	Boş bırakılmış / ilişkisiz ifadeler
Deney grubu-1	44	5	8	15	16
Deney grubu-2	42	3	4	16	19
Kontrol grubu	43	6	7	14	16

Tablo 32 incelendiğinde, ön testte öğrencilerin “hava direnci” kavramına yönelik verdikleri ifadelerin büyük ölçüde kavram yanlışlığı içerdiği ve çoğunlukla ilişkisiz ya da boş bırakılan ifadelerden oluştuğu görülmektedir. Deney grubu 1’de, öğrencilerin yalnızca 5 ifadesi günlük hayatla bağlantılı iken 8 ifade bilimsel bilgi içermekte, buna karşılık 15 ifade kavram yanlışlığı ve 16 ifade ise boş veya ilişkisiz olarak sınıflandırılmıştır. Benzer şekilde, deney grubu 2’de de tabloya yansıyan veriler, öğrencilerin konuyla ilgili kavramsal zorluklar yaşadığını ortaya koymaktadır. Bu grupta, yalnızca 3 ifade günlük hayatla ilişkilendirilmiş, 4 ifade bilimsel bilgi içermekte; buna karşın 16 ifade kavram yanlışlığı taşımakta ve 19 ifade ise ilişkisiz ya da boş bırakılmıştır. Kontrol grubunda da benzer bir dağılım gözlenmektedir. Günlük hayatla bağlantılı yalnızca 6 ifade bulunurken, bilimsel bilgi içeren ifade sayısı 7’de kalmıştır. Öte yandan, 14 ifade kavram yanlışlığı ve 16 ifade ise boş ya da ilişkisiz olarak değerlendirilmiştir. Öğrencilerin ön testte “hava direnci” kavramına ilişkin verdikleri örnek cümleler, ifade türlerine göre gruplandırılarak Tablo 33’te verilmiştir.

Tablo 33. Deney ve kontrol gruplarının “hava direnci” kavramına ilişkin ifade türlerine ait ön test cümle örnekleri

Gruplar	Günlük hayat bağlantılı ifadeler	Bilimsel bilgi içeren ifadeler	Kavram yanlışlığı içeren ifadeler
Deney grubu-1	- Bisikletle hızlı giderken yüzüme rüzgar çarpıyor.	-Hızlı koşunca sanki hava beni geri itiyor gibi oluyor.	-Hava direnci sadece rüzgarlı havalarda olur.
	-Uçurtma rüzgar varken daha kolay havalanıyor.	-Rüzgar varsa cisimler daha zor hareket ediyor.	-Hava direnci cisimleri hızlandırır.
	-Arabayla giderken cam açık olunca saçlarım uçuşuyor.	-Belki hava, hareket eden şeylere biraz baskı yapıyordur.	-Hava direnci sadece uçaklarda görülür.
Deney grubu-2	-Paraşütçüler hava direnci sayesinde yavaş inerler.	-Belki hava, cisimleri geri iten bir şeye dönüşüyor.	-Hava direnci, havanın bizi aşağıya çeken kuvvetidir.
	-Rüzgarın yüzüme çarpması hava direncine benziyor olabilir.	-Hava direnci havada oluşur.	-Hava direnci sadece kışın olur çünkü hava soğuyunca ağırlaşır.
	-Rüzgarlı havada bisiklet sürmek daha zor oluyor.	-Hava direnci, bir çeşit sürtünme kuvveti olabilir.	-Hava direnci, sadece çok rüzgarlı günlerde olur.
Kontrol grubu	-Bisikletle yokuş aşağı hızlanınca sanki bir şey	-Hava direnci, cismi	-Hava direnci, havadaki

yüzüme çarpıyor.	engelleyen bir şey olabilir.	oksijenin bitmesidir.
-Saç kurutma makinesine elimi koyduğumda çıkan havayı engellerim.	-Hava direnci varsa hızlı hareket etmek zorlaşır.	-Hava direnci havadaki balonları patlatan kuvvettir.
-Vantilatörler hava üfler.	-Hava direnci, havadaki sürtünme olabilir.	-Hava direnci şiddetli rüzgarda oluşur.

Tablo 33 incelendiğinde, öğrencilerin hava direnci kavramına yönelik verdikleri ifadelerin hem günlük yaşantıdan hem de bilimsel bilgilerden beslenmekle birlikte, önemli ölçüde kavram yanlışları içerdiği görülmektedir. Deney grubu 1'in günlük hayat bağlantılı ifadelerinde öğrencilerin rüzgârla temaslarını betimleyerek kavramı açıklamaya çalıştıkları; örneğin "Bisikletle hızlı giderken yüzüme rüzgâr çarpıyor" ya da "Uçurtma rüzgar varken daha kolay havalanıyor" gibi örneklerle gerçek yaşamdan hareket ettikleri gözlenmektedir. Aynı gruptaki bilimsel bilgi içeren ifadelerde ise "Rüzgâr varsa cisimler daha zor hareket ediyor" gibi doğru çıkarımlara rastlansa da "Hava direnci gösteren bir şey olabilir" gibi belirsizlikler de dikkat çekmektedir. Buna karşılık, "Hava direnci cisimleri hızlandırır" gibi açık kavram yanlışlarının da öğrenciler arasında yaygın olduğu anlaşılmaktadır.

Deney grubu 2'de ise günlük yaşantı örnekleri arasında "Paraşütçüler hava direnci sayesinde yavaş inerler" gibi doğru çağrışımlar bulunmakla birlikte, bilimsel bilgi içeren ifadelerin daha çok sezgisel düzeyde kaldığı görülmektedir. "Hava direnci, bir çeşit sürtünme kuvveti olabilir" gibi ifadeler kavramın doğasını anlamaya dönük çabayı gösterse de, "Hava direnci, havanın bizi aşağıya çeken kuvvetidir" gibi yanlış anlamaların varlığı dikkat çekmektedir.

Kontrol grubunun ifadelerinde de benzer bir yapı gözlenmektedir. Günlük hayatla bağlantılı cümlelerde saç kurutma makinesi ya da yokuş aşağı bisiklet sürme gibi gerçek yaşamdan örnekler verilirken, bilimsel bilgi içeren ifadelerde hava direncinin "cismi engelleyen bir şey" olarak tanımlanması, öğrencilerin kavrama yönelik temel bir farkındalığa sahip olduklarını göstermektedir. Ancak "Hava direnci, havadaki oksijenin bitmesidir" gibi kavram yanlışları, öğrencilerin kavramı bilimsel bağlamda tam olarak anlamlandıramadıklarını ortaya koymaktadır. Öğrencilerin son testte "hava direnci" kavramına yönelik verdikleri ifadeler ise, günlük hayat bağlantısı, bilimsel bilgi, kavram yanlışlığı ve boş bırakılmış/ilişkisiz ifadeler şeklinde sınıflandırılarak Tablo 34'te verilmiştir.

Tablo 34. Son testte "hava direnci" kavramına yönelik verilen ifadelerin grup ve ifade türüne göre sınıflandırılması

Grup	f	Günlük hayat bağlantılı ifadeler	Bilimsel Bilgi içeren ifadeler	Kavram yanlışlığı içeren ifadeler	Boş bırakılmış / ilişkisiz ifadeler
Deney grubu-1	44	10	27	2	5
Deney grubu-2	42	12	24	3	3
Kontrol grubu	43	16	21	4	2

Tablo 34 incelendiğinde, son testte öğrencilerin "hava direnci" kavramına yönelik verdikleri ifadelerin dağılımı öğretim sürecinin kavramsal gelişim üzerindeki olumlu etkilerini ortaya koymaktadır. Deney grubu 1'de yer alan 44 öğrenciden 27'si bilimsel bilgi içeren ifadeler kullanırken, yalnızca 2 öğrenci kavram yanlışlığı içeren ifadelerde bulunmuş ve 5 öğrenci ise ya boş bırakmış ya da konu dışı ifadeler üretmiştir. Bu durum, S-Lab TYEÖM uygulamasının öğrencilerin bilimsel kavramları daha doğru biçimde ifade etmelerine olan katkısını açıkça göstermektedir. Benzer şekilde, deney grubu 2'de 24 öğrenci bilimsel bilgi içeren doğru açıklamalarda bulunmuş, 3 öğrenci kavram yanlışlığı sergilemiş ve yalnızca 3 öğrencinin ifadesi boş ya da ilgisiz olarak değerlendirilmiştir. Bu bulgular, TYEÖM uygulamasının da öğrencilerin kavramı bilimsel boyutlarıyla açıklamalarına destek olduğunu

göstermektedir. Kontrol grubunda ise bilimsel bilgi içeren ifade sayısı 21 olarak tespit edilmiş, bu sayı deney gruplarına göre daha düşük olmakla birlikte dikkat çekicidir. Ancak, kontrol grubunda kavram yanılgısı içeren ifade sayısı 4 ile diğer gruplara göre daha yüksek çıkmış, bu da geleneksel öğretim yaklaşımının kavram öğrenmede bazı eksiklikler barındırabileceğine işaret etmektedir. Ayrıca boş/ilişkisiz ifade sayısının sadece 2 olması, öğrencilerin konu hakkında bir görüş oluşturduğunu ancak bu görüşlerin her zaman bilimsel doğrulukta olmadığını ortaya koymaktadır. Öğrencilerin son testte “hava direnci” kavramına ilişkin verdikleri örnek cümleler, ifade türlerine göre gruplandırılarak Tablo 35’te verilmiştir.

Tablo 35. Deney ve kontrol gruplarının “hava direnci” kavramına ilişkin ifade türlerine ait son test cümle örnekleri

Gruplar	Günlük hayat bağlantılı ifadeler	Bilimsel bilgi içeren ifadeler	Kavram yanılgısı içeren ifadeler
Deney grubu-1	-Paraşüt açıldığında yavaşlıyorum çünkü hava beni tutuyor.	-Hava direnci, cismin hızı arttıkça artar.	-Hava direnci yoksa cisimler yere düşmez.
	-Kâğıt uçak bazen uçamıyor çünkü hava onu engelliyor.	-Hava direnci, hareket halindeki cisimleri yavaşlatan bir kuvvettir.	-Hava direnci sadece sıcak havada olur.
	-Hafif topu attığımda rüzgar yönünü değiştiriyor.	-Yüzeyi geniş olan cisimler, daha fazla hava direnci ile karşılaşır.	
Deney grubu-2	-Yüksekten atılan paraşüt yavaş düşer.	-Hava direnci, hareket eden cisimlerin hızını azaltan bir kuvvettir.	-Hava direnci cisimleri yukarı doğru çeker.
	-Paraşütün yüzeyi yere inmesini etkiler.	-Yüzeyi geniş cisimler, havada daha çok dirençle karşılaşır.	-Hava direnci olmazsa Dünya dönmez.
	-Yarış arabaları tasarlanırken hava direnci hesaplanır.	-Hava direnci, cismin hızı arttıkça daha fazla etkili olur.	-Hava direnci, tüm sürtünme kuvvetlerinin toplamıdır.
Kontrol grubu	-Bisikletle hızlı giderken önüme gelen hava nefes almayı zorlaştırıyor.	- Geniş yüzeye sahip cisimler havada daha fazla dirençle karşılaşır.	-Hava direnci sayesinde cisimler hızlanır.
	-Rüzgarda poşet taşımak çok zordu, uçmasın diye uğraştım.	-Hava direnci, paraşüt gibi araçların güvenli iniş yapmasını sağlar.	-Hava direnci havadaki cisimlere etki etmez.
	-Koşarken bir serinlik yüzüme çarpıyor.	- Hava ile temas gerekir.	-Hava direncinin olması için rüzgara ihtiyaç vardır.

Tablo 35 incelendiğinde, deney ve kontrol gruplarının “hava direnci” kavramına ilişkin son testte verdikleri ifadelerle yönelik anlamlı bir gelişim sergilendiği gözlemlenmektedir. Deney grubu 1’de öğrenciler günlük hayatla bağlantılı ifadelerde “Paraşüt açıldığında yavaşlıyorum çünkü hava beni tutuyor”, “Kâğıt uçak bazen uçamıyor çünkü hava onu engelliyor” gibi örnekler vererek, hava direncinin etkilerini somut yaşam deneyimlerine dayandırmışlardır. Aynı zamanda, “Hava direnci, hareket halindeki cisimleri yavaşlatan bir kuvvettir” ve “Yüzeyi geniş olan cisimler, daha fazla hava direnci ile karşılaşır” gibi bilimsel bilgi içeren açıklamalarıyla kavramı doğru biçimde ifade ettikleri görülmektedir. Ancak bazı öğrencilerin “Hava direnci sadece sıcak havada olur” gibi kavram yanılgılarına sahip olduğu da tespit edilmiştir.

Deney grubu 2'deki öğrenciler de benzer şekilde, "Paraşütün yüzeyi yere inmesini etkiler" ve "Yarış arabaları tasarlanırken hava direnci hesaplanır" gibi ifadelerle günlük yaşamla bağlantı kurmuşlardır. Bilimsel bilgi düzeyinde ise "Hava direnci, hareket eden cisimlerin hızını azaltan bir kuvvettir" ve "Yüzeyi geniş cisimler, havada daha çok dirençle karşılaşır" gibi açıklamalarla kavrama ilişkin daha derinlemesine ve doğru bilgiler sundukları görülmüştür. Ancak, "Hava direnci olmazsa Dünya dönmez" gibi bilimsel temeli olmayan kavram yanlışları da dikkat çekmektedir.

Kontrol grubunda yer alan öğrenciler ise hava direncine ilişkin günlük hayat bağlantılarını "Bisikletle giderken önüme gelen hava nefes almayı zorlaştırıyor" ya da "Rüzgârda poşet taşımak zordu, uçmasın diye uğraştım" gibi ifadelerle kurmuşlardır. Bilimsel bilgi içeren açıklamalar arasında "Hava direnci, paraşüt gibi araçların güvenli iniş yapmasını sağlar" ve "Hava ile temas gerekir" gibi doğru ve kavramsal açıklamalar öne çıkarken, "Hava direnci sayesinde cisimler hızlanır" gibi kavram yanlışlığı içeren ifadelerin de yer aldığı görülmektedir.

Tartışma ve Sonuç

Bu araştırmanın bulguları, farklı öğretim modellerinin öğrencilerin "Kuvvetin Uygulanması ve Sürtünme" ünitesindeki bilişsel yapılarını anlamlı biçimde etkilediğini ortaya koymuştur. TYEÖM S-Lab uygulanan Deney grubu-1'de, öğrencilerin kavramsal çağrışım zenginliği belirgin şekilde artmış, bilimsel bilgi içeren ifadelerde gözle görülür bir yoğunlaşma sağlanmıştır. Bu bulgu, Ercan ve Şahin'in (2015) fen eğitiminde mühendislik temelli uygulamaların öğrencilerin kavramsal derinliklerini geliştirdiğine yönelik bulgularıyla örtüşmektedir. Benzer şekilde, Güngörmez ve Akgün (2018), uygulama temelli fen öğretiminin öğrencilerin fen kavramlarını daha anlamlı ve kalıcı şekilde öğrenmelerine katkı sağladığını vurgulamaktadır.

"Kuvvet" kavramına yönelik uygulanan farklı öğretim yöntemlerinin ardından öğrencilerin bilişsel yapılarında belirgin iyileşmeler gözlenmiştir. Özellikle S-Lab TYEÖM uygulanan grupta, öğrencilerin bilimsel bilgi içeren ifadelerinde ve kavramsal çeşitliliklerinde anlamlı bir artış kaydedilmiştir. Bu bulgular, sanal laboratuvarların ve ters yüz edilmiş öğrenmenin öğrenci başarısını ve kavramsal anlayışı artırmada etkili olduğunu ortaya koyan uluslararası araştırmalarla uyumludur (Hamed & Aljanazrah, 2020; Potkonjak et al., 2016). Ayrıca öğrencilerin kuvvetin etkilerini somutlaştırma becerilerinin geliştiği ve kavram yanlışlarının azaldığı görülmüştür.

Öğretim sonrası "sürtünme kuvveti" kavramına ilişkin öğrenci ifadelerinde gözlenen artış, özellikle S-Lab TYEÖM grubunda daha belirgin olmuş ve bilimsel içerikli ifadelerin sıklığında artış gerçekleşmiştir. Öğrencilerin sürtünme kuvvetini günlük yaşamla ilişkilendirerek açıklama kapasiteleri gelişmiş, kavram yanlışları azalmıştır. Öğrencilerin sürtünme kuvvetini günlük yaşam örnekleriyle ilişkilendirerek daha derinlemesine kavramsal anlama sergilemeleri, literatürdeki çalışmalarda belirtilen, uygulamalı öğrenmenin kavramsal anlamayı desteklediği görüşünü doğrulamaktadır (Finkelstein et al., 2017; Sarı & Kozikoğlu, 2020). Ancak bazı öğrencilerde, sürtünmenin yalnızca belirli yüzeylerde ya da koşullarda gerçekleştiğine dair kavram yanlışlarının sürdüğü gözlemlenmiştir.

"Su direnci" kavramına yönelik uygulanan farklı öğretim yöntemlerinin ardından öğrencilerin bilişsel yapılarında belirgin iyileşmeler gözlenmiştir. Özellikle S-Lab TYEÖM uygulanan grupta, öğrencilerin su direnci kavramına ilişkin bilimsel bilgi içeren ifadelerinde ve kavramsal çeşitliliklerinde anlamlı bir artış kaydedilmiştir. Ön test-son test sonuçlarına göre, deney grubu-1'de öğrencilerin hem kavramı doğru anlamlandırma hem de su direncinin hareket üzerindeki etkilerine yönelik daha zengin ve doğru ifadeler geliştirdikleri görülmüştür. Bu bulgular, sanal laboratuvar uygulamalarının özellikle soyut kavramların öğretiminde etkili olduğunu ortaya koyan uluslararası çalışmalarla (Hamed & Aljanazrah, 2020; Potkonjak et al., 2016; Bazie et al., 2024) uyumludur. Ayrıca, su direncinin büyüklüğünü etkileyen faktörler

(yüzey alanı, cismin hızı, akışkanın yoğunluğu gibi) konusunda öğrencilerin daha doğru bağlantılar kurdukları ve kavram yanlışlarının önemli ölçüde azaldığı belirlenmiştir.

Öğrencilerin hava direnci kavramına yönelik ifadelerinde öğretim sonrası anlamlı bir gelişim gerçekleşmiştir. Öğrenciler hava direncini günlük yaşamdan somut örneklerle ilişkilendirebilmiş, ancak bazı öğrencilerde hâlâ kavram yanlışlarının devam ettiği gözlemlenmiştir. Öğrencilerin hava direnci hakkında daha derin ve bilimsel açıklamalar yapabilme yeteneği kazanması, dijital simülasyonların soyut kavramları somutlaştırma etkisini gösteren önceki araştırmalarla uyumludur (Bazie et al., 2024; Crawford et al., 2020). Özellikle yüzeyi geniş olan cisimlerin daha fazla hava direncine maruz kaldığı gibi temel bilimsel gerçeklerin öğrenciler tarafından daha doğru biçimde ifade edilmesi, sanal laboratuvar destekli öğrenmenin soyut kavramları anlama üzerindeki olumlu etkisini desteklemektedir.

Bu sonuçlar dikkate alındığında çalışmanın temel sorusu olan *“Deney grubu 1’de S-Lab TYEÖM, deney grubu 2’de TYEÖM ve kontrol grubunda mevcut öğrenme modeli yönteminin uygulandığı öğretimde, ‘Kuvvetin Uygulanması ve Sürtünme’ ünitesi kapsamında öğrencilerin bilişsel yapılarında nasıl bir değişim gerçekleşmiştir?”* doğrudan yanıt vermektedir. Araştırma sonuçları, S-Lab destekli TYEÖM’nin, öğrencilerin “kuvvet”, “sürtünme kuvveti”, “su direnci” ve “hava direnci” kavramlarına ilişkin bilişsel yapılarını daha derinlemesine ve bilimsel doğrulukla geliştirdiğini ortaya koymuştur. Özellikle deney grubu-1’de kavramsal çeşitlilik artmış, bilimsel bilgi içeren ifadelerde yoğun bir artış yaşanmış ve kavram yanlışlarında belirgin bir azalma sağlanmıştır. Bu sonuçlar, sanal laboratuvar entegrasyonunun ve aktif öğrenme temelli pedagojik yaklaşımların fen eğitiminde kavramsal öğrenmeyi güçlendirdiğini savunan güncel literatürle (Bazie et al., 2024; Hamed & Aljanazrah, 2020; Sarı & Kozikoğlu, 2020) örtüşmektedir. Sonuç olarak, sanal laboratuvar destekli ters yüz edilmiş öğrenme modelinin fen eğitiminde kavramsal gelişimi desteklemede ve öğrencilerin bilişsel yapılarını olumlu yönde etkilemede etkili bir yöntem olduğu görülmektedir.

Öneriler

Fen Bilimleri Öğretmenlerine Öneriler

Bu çalışmada elde edilen bulgular doğrultusunda, fen bilimleri öğretiminde öğrenci merkezli ve teknoloji destekli öğrenme ortamlarının sağlanması önerilmektedir. Özellikle sanal laboratuvar entegre edilmiş ters yüz edilmiş öğrenme modelinin kavram yanlışlarının azaltılmasında ve kavramsal bağlantıların güçlendirilmesinde etkili olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda, öğretmenlerin “Kuvvetin Uygulanması ve Sürtünme” gibi soyut kavramların öğretiminde sanal laboratuvar uygulamalarına yer vermeleri, öğrencilerin konuları somutlaştırmalarına katkı sağlayacaktır. Ayrıca, kelime ilişkilendirme testleri gibi alternatif ölçme değerlendirme araçlarının kullanılması, öğrencilerin kavramsal gelişimlerinin izlenmesi açısından faydalı olacaktır.

Araştırmacılara Öneriler

Bu çalışmada kullanılan yöntem ve veri toplama araçları, farklı yaş gruplarına ve fen bilimleri dersinin diğer ünitelerine uyarlanarak yeni araştırmalarda kullanılabilir. Özellikle “Kuvvetin Ölçülmesi ve Sürtünme” ünitesi dışındaki soyut fen kavramlarının öğretiminde sanal laboratuvar destekli modellerin etkisi farklı değişkenler açısından (motivasyon, tutum, kalıcılık gibi) incelenebilir. Ayrıca, kelime ilişkilendirme testinin yanı sıra kavram haritası gibi alternatif veri toplama araçlarının kullanılması, öğrencilerin kavramsal gelişimlerini çok boyutlu olarak değerlendirmeye olanak sağlayacaktır.

Gelecekte yapılacak araştırmalarda uzun süreli uygulamaların etkisi de incelenmelidir. Bu çalışmada 7 haftalık bir uygulama süreci izlenmiş olup, daha uzun süreli uygulamaların öğrencilerin kavramsal öğrenme düzeylerine etkisinin daha kapsamlı bir şekilde ortaya konulması önerilmektedir. Ayrıca, farklı okul türlerinde (devlet okulu, özel okul gibi) uygulamaların etkisi karşılaştırmalı olarak araştırılabilir.

Eğitim Politikası Belirleyicilerine Öneriler

Eğitim politikası belirleyicilerinin, fen bilimleri öğretiminde teknoloji destekli öğretim materyallerinin yaygınlaştırılmasını desteklemeleri önerilmektedir. Sanal laboratuvar uygulamaları gibi dijital öğrenme araçlarının öğretim programlarına entegrasyonu, öğrencilerin kavramsal anlamalarını güçlendirecektir. Özellikle öğretmenlerin bu tür yenilikçi uygulamalar konusunda hizmet içi eğitimlerle desteklenmesi, öğretim sürecinin etkililiğini artıracaktır.

Ayrıca, öğretim programlarında öğrenci merkezli öğrenme yaklaşımlarının teşvik edilmesi, öğrencilerin aktif katılımını sağlayarak derin öğrenmelerine zemin hazırlayacaktır. Eğitim materyallerinin hazırlanmasında, öğrencilerin kavramsal yanlışlarına yönelik çözümleyici stratejiler içeren içeriklerin geliştirilmesi politika yapıcılar için önemli bir odak noktası olmalıdır. Bu sayede, eğitimde kavramsal öğrenmenin niteliği artırılabilir ve öğrencilerin bilimsel okuryazarlık düzeyleri yükseltilebilir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Yazar Katkı Beyanı: Çalışmanın tasarımı ve metodolojisi tüm yazarların katkılarıyla oluşturulmuştur. Materyallerin hazırlanması, veri toplama ve analiz süreçleri Burcu SOLAK tarafından yürütülmüştür. Makalenin ilk taslağı Burcu SOLAK tarafından hazırlanmış olup, tüm yazarlar taslağın önceki versiyonlarını değerlendirerek geri bildirim sağlamıştır. Tüm yazarlar nihai metni okuyup onaylamış ve yayımlanmak üzere sunulmasına onay vermiştir.

Araştırma Yayın Etiği: : Bu çalışmanın hazırlanması ve yazım sürecinde, *Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi* kapsamında bilimsel dürüstlük, etik ilkeler ve atıf kurallarına tam olarak uyulmuştur. Toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat veya yanıltıcı işlem yapılmamış; çalışma, özgünlüğünü koruyarak başka bir akademik yayın ortamına değerlendirilmek üzere gönderilmemiştir. Araştırmanın başlangıcında gerekli etik onay alınmış olup, “Fen Bilimleri Dersinde Sanal Laboratuvar Uygulaması Entegre Edilmiş Ters Yüz Edilmiş Öğrenme Modeli Kullanımı” başlıklı çalışma için etik kurul onayı Yıldız Teknik Üniversitesi Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu’ndan, 3 Mayıs 2023 tarihli ve 2023.05 sayılı karar ile alınmıştır.

KAYNAKÇA

- Ali, W. (2020). Online and remote learning in higher education institutes: A necessity in light of COVID-19 pandemic. *Higher Education Studies*, 10(3), 16-25.
- Asare, S., Amoako, S. K., Biilah, D. K. ve Apraku, T. B. (2023). The use of virtual labs in science education: a comparative study of traditional labs and virtual environments. *International Journal of Science Academic Research*, 4(11), 6563-6569.
- Bahar, M. ve Özatlı, N. S. (2003). Kelime ilişkilendirme testi yöntemi ile lise 1. sınıf öğrencilerinin biyoloji dersindeki kavram yanlışlarının araştırılması. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5 (2), 75-85.
- Bahar, M., Johnstone, A. H., & Sutcliffe, R. (1999). Investigation of students' cognitive structure through word association tests. *International Journal of Science Education*, 21(10), 1157-1178.
- Baig, M. I. ve Yadegaridehkordi, E. (2023). Flipped classroom in higher education: a systematic literature review and research challenges. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20 (61).
- Bazie, H., Lemma, B., Workneh, A. ve Estifanos, A. (2024). The effect of virtual laboratories on the academic achievement of undergraduate chemistry students: Quasi-experimental study. *JMIR Formative Research*, 8, e64476.
- Bergmann, J. ve Sams, A. (2012). *Flip your classroom: reach every student in every class every day*. Washington: International Society for Technology in Education.

- Bingöl, A. ve Halisdemir, N. (2017). Üniversite öğrencilerinin temel bilgi teknolojileri dersine yönelik akademik başarı testi geliştirme çalışması. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 54, 541-554. DOI: 10.9761/JASSS123456
- Bishop, J. L ve Verleger, M. A. (2013). The flipped classroom: A survey of the research. *ASEE National Conference Proceedings*, Atlanta, GA 30(9): 1-18.
- Chen, Y., Wang, Y., & Chen, N. S. (2014). Is FLIP enough? Or should we use the FLIPPED model instead?. *Computers & Education*, 79, 16-27.
- Crawford, J., Butler-Henderson, K., Rudolph, J., Malkawi, B., Glowatz, M., Burton, R., & Magni, P. A. (2020). COVID-19: 20 countries' higher education intra-period digital pedagogy responses. *Journal of Applied Learning & Teaching*, 3(1), 1-20.
- De Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(6130), 305-308.
- Ercan, F., Taşdere, A., & Ercan, N. (2010). Kelime ilişkilendirme testi aracılığıyla bilişsel yapının ve kavramsal değişimin gözlenmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 7(2), 136-154.
- Ercan, S. ve Şahin, F. (2015). Fen eğitiminde mühendislik uygulamalarının kullanımı: Tasarım temelli fen eğitiminin öğrencilerin akademik başarıları üzerine etkisi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 9 (1), 128-164.
- Finkelstein, N. D., Perkins, K. K., Adams, W., Kohl, P., & Podolefsky, N. (2017). Can simulations replace real equipment in undergraduate laboratories? *Physics Education Research*, 6(1), 1-15.
- Güngörmez, E., & Akgün, A. (2018). Investigation of middle school students' misconceptions about friction and force with different assessment techniques. *Journal of Inquiry Based Activities (JIBA)*, 8(2), 36-49.
- Hamdan, N., McKnight, P., McKnight, K., & Arfstrom, K. M. (2013). A white paper based on the literature review titled a review of flipped learning. *Flipped Learning Network*, 1-15.
- Hamed, G., & Aljanazrah, A. (2020). The effectiveness of using virtual experiments on students' learning in the general physics lab. *Journal of Information Technology Education: Research*, 19, 977-996.
- Khan, S. (2011). Let's use video to reinvent education. [Video]. TED Conferences.
- Mazur, E. (1997). *Peer instruction: A user's manual*. Prentice Hall.
- MEB (2018). Fen bilimleri dersi öğretim programı (İlkokul ve ortaokul 3, 4, 5, 6, 7 ve 8. Sınıflar).
- 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.
- Perkins, K., Moore, E., Podolefsky, N., Lancaster, K., & Denison, C. (2018). Towards research-based strategies for using PhET simulations in middle school physical science classes. *Physics Education Research Conference*, 12(3), 345-350.
- Potkonjak, V., Gardner, M., Callaghan, V., Mattila, P., Guetl, C., Petrović, V. M., & Jovanović, K. (2016). Virtual laboratories for education in science, technology, and engineering: A review. *Computers & Education*, 95, 309-327.
- Rosli, R. ve Ishak, N. A. (2024). Integration of virtual labs in science education: a systematic literature review. *Jurnal Pendidikan Sains dan Matematik Malaysia*, 14(1), 81-103.
- Sarı, R., & Kozikoğlu, İ. (2020). Flipped learning and its effectiveness in science education: A meta-analysis. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17(1), 1-21.
- Tiryaki, E. N. (2022). Determination of cognitive structures in concepts related to writing education with the word association test. *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 17(1), 278-294.
- Yaman, H., Alaca, M. B. ve Er Nas, S. (2022). Using the word association test to examine life skills cognitive structures of pre-service science teachers. *Journal of Science Learning*, 4(1), 69-79.

Extended Summary

Purpose

The aim of this study is to examine the effects of the Virtual Laboratory Supported Flipped Learning Model (V-Lab FLM) on students' conceptual development and cognitive structures in the "Application of Force and Friction" unit within the science curriculum. The study seeks to determine whether the integration of virtual laboratories into flipped learning

environments leads to significant improvements in students' understanding of scientific concepts, particularly “force”, “frictional force”, “water resistance” and “air resistance”. Additionally, the study investigates how students' cognitive structures evolve when exposed to different instructional models, including V-Lab FLM, traditional Flipped Learning Model (FLM), and conventional teaching practices.

Method

A quasi-experimental research design with pre-test and post-test control groups was adopted. The participants consisted of three groups: Experimental Group 1 (V-Lab FLM), Experimental Group 2 (FLM), and a control group receiving traditional instruction. The instructional intervention spanned a complete unit covering “Application of Force and Friction”. The Word Association Test (WAT) was utilized as the primary data collection tool to reveal students' cognitive structures, scientific conceptual understanding, and misconceptions. Frequency analysis and content analysis techniques were applied to analyze the students' responses. Conceptual richness, scientific knowledge density, and the prevalence of misconceptions were key indicators evaluated before and after the interventions.

Results

Findings revealed that students in the V-Lab FLM group exhibited significantly greater improvements in conceptual understanding compared to those in the FLM and control groups. Students exposed to V-Lab FLM produced a higher number of scientifically accurate and varied associations regarding “force”, “frictional force”, “water resistance” and “air resistance”. The reduction in misconceptions was also more pronounced in the S-Lab FLM group. While the FLM group showed improvements, the changes were not as profound as those observed in the S-Lab FLM group. The control group exhibited minimal progress, indicating that traditional instruction was less effective in promoting conceptual change. These results suggest that the integration of virtual laboratory simulations with flipped learning methodologies enriches students' cognitive networks and fosters deeper, more scientifically accurate conceptual learning.

Conclusion and implications

The results of this study underscore the effectiveness of combining virtual laboratory environments with flipped learning strategies in science education. Integrating V-Lab enhances students' engagement, facilitates the concretization of abstract scientific concepts, and significantly reduces prevalent misconceptions. It is recommended that science curricula incorporate virtual laboratory-supported active learning models to promote deeper conceptual understanding and to develop critical scientific thinking skills.