

## FEN ÖĞRETİMİNDE YENİLİKÇİ BİR YÖNTEM OLARAK SANAL LABORATUVARLARIN KULLANIMI

Eda Ece KAVLAK, [edaeece\\_kavлак15@erdogan.edu.tr](mailto:edaeece_kavлак15@erdogan.edu.tr), 0009-0004-1874-0848

Ayşe BİRHANLI, [ayse.birhanli@inonu.edu.tr](mailto:ayse.birhanli@inonu.edu.tr), 0000-0003-0870-1226

Geliş Tarihi/Received:

04.06.2023

Kabul Tarihi/Accepted:

01.07.2023

e-Yayım/e-Printed:

03.07.2023

### ÖZET

Günümüzde bilimsel bilginin baş döndürücü bir hızla artması, fen bilimlerinin hayatın her alanında olması bilgi ve teknoloji çağında her toplumun fen öğretimine daha fazla önem verilmesi gerektiğine dair inancı arttırmıştır. Bununla birlikte çağa ve gelişime ayak uydurma adına her ülke fen bilgisi öğretiminin verimliliğini arttırmaya yönelik adımlar atmaktadır. Bu çalışmada fen bilgisinde etkin bir şekilde kullanılacak yenilikçi bir yöntem olarak sanal laboratuvarlar üzerinde durulmuştur. Çalışmada ayrıca fen bilgisi dersinde sanal laboratuvar kullanımına ilişkin çalışmalar incelenerek uygulamaya yönelik öneriler sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Fen Öğretimi, Sanal Laboratuvar, Öğretim Yöntemi

### THE USE OF VIRTUAL LABORATORIES AS A MODERN TEACHING METHOD IN SCIENCE EDUCATION

#### ABSTRACT

In recent years, the rapid increase in scientific knowledge and the fact that science is in all areas of life has increased the belief that every society should give more importance to science education in the age of information and technology. Moreover, each country takes steps to increase the efficiency of science teaching to keep up with the era and development. In this study, virtual laboratories as an innovative method that can be used effectively in science are emphasized. The studies on the use of virtual laboratories in science lessons were also examined and suggestions for practice were presented.

**Keywords:** Science Education, Virtual Laboratory, Teaching Method

#### 1. GİRİŞ

Bilim ve teknolojinin hızla geliştiği günümüzde bilginin alışıldık şekilde aktarılması ile mümkün değildir. Bu yüzden öğretim programlarının değiştirilerek ezber ile yüklenmiş bireyler yerine, bağımsız düşünebilen, yaratıcı ve bilimsel düşünen, olayları sorgulayan, sorunların farkına vararak çözüm odaklı yaklaşan, karar verme yetisi yüksek, kendine güvenen, analiz ve sentez yapabilme becerilerine sahip nitelikli bireyler yetiştirecek şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Bu gerekliliğin yerine getirilmesinde kullanılacak en etkin araçlardan biri öğretim programlarının uygulanmasında tercih edilecek yöntem ve tekniklerdir. Öğretim yöntem ve teknikleri öncelikli olarak değişen eğitim anlayışına hitap edebilmeli, yeni neslin ihtiyaçlarını ve beklentilerini tatmin edebilmeli; sonrasında ise ilgili dersin hedefleri ve içeriği ile uyum gösterebilmelidir. Bu bakış açısı ile fen bilimleri dersinin işlenişinde bu dersin çevreyle etkileşimi yüksek bir ders olduğu, canlı-cansız varlıklar ile bu varlıklar arasındaki bağlantıları ortaya koymaya çalıştığı (Özcan ve Kaçar, 2021) gerçeği dikkate alınmalı; fen öğretiminde bu özelliklerin ortaya çıkmasında yararlanılabilecek yöntem ve tekniklere öncelik verilmelidir.

## 2. FEN ÖĞRETİMİ

TDK (Türk Dil Kurumu) 1988’de öğretimi, belli bir amaca göre gereken bilgiyi verme işi olarak tanımlamıştır. Eğitim alanında ise öğretim, bireye verilmek istenen bilgi, beceri ve tutumun okulda planlı ve programlı bir şekilde yürütülmesi aynı zamanda belgeyle sonuçlanması ile oluşan uygulamadır (Varış, 1996). Başka bir bakış açısı ile öğretim, okullarda öğrencilerin öğrenmesine yönelik gerçekleşmesi beklenen hedefler doğrultusunda planlı, programlı ve denetimli etkinlikler bütünüdür (Aykaç vd., 2006). Bu tanımlara bakıldığında öğretimin okullarda gerçekleşmesi ile birlikte okul programlarında fen dersleri yer almaktadır.

Fen dersleri okul programlarına şu üç amaç için konulmaktadır:

- Fen bilimi konusunda bireylere çeşitli bilgilendirme yapılması (fen- okuryazarlığı).
- Fen dersleri ile birlikte bireyde işlevsel ve zihinsel becerileri kazandırmak.
- Fen ve teknoloji konusunda bireyin iş eğitiminin dayanağını desteklemek (Turgut vd., 1997).

Fen öğretimi gerçekleştirilirken değişen ve gelişen dünyayla birlikte öğrenme-öğretme sürecine yeni stratejiler ve perspektifler kazandırılmalıdır. Fen öğretiminde öğrenme ve öğretme ortamı bireyi araştırmaya ve sorgulamaya itmeli ve bu yaklaşım fen öğretiminde benimsenmelidir. Böylelikle birey fen içeriğinde araştırmanın var olduğunu öğrenmektedir. Araştırmayla birlikte birey bilimsel bilgileri kazanmakta ve bilimin doğasını anlamaktadır. Aynı zamanda birey araştırma ile problem tanımlayabilme, problem sorusu oluşturma, hipotezler kurabilme, bir araştırma tasarlama, yürütme ve ilişkilendirme yapabilme becerisini kazanmaktadır (Abd-El-Khalick vd., 2004).

Fen öğretimin genel amaçlarını ele alırsak;

- Bireyin iyi bir gözlemci olabilmesini sağlama
- Bireyin kendine güvenmesini sağlama
- Bireyin bilimsel düşüncesini harekete geçirme
- Fen okur-yazarlığı becerisini kazandırma
- Bireyin gözlemlediği olaylara ve durumlara farklı bakış açısı ile bakmasını sağlayabilme
- Bireyin öğrendiği bilgileri değişen topluma, çevreye ve teknolojiye nasıl uygulayabileceğini kavramasını sağlama
- Bireyin çevresine ve doğaya karşı merak duygusunu artırmasını sağlama
- Bireyin gerçekleştirdiği araştırmaya yönelik sonuç, çıkarım ve yorumlama becerisi kazandırma
- Bireyin vaktini zaman yönetimine bağlı akılcı ve planlı bir şekilde kullanmasını sağlama
- Bireyin üst düzey bilişsel becerileri kazanmasını sağlama
- Bireyin bir konu hakkında eleştirel düşünmesini ve bu eleştirel düşüncesini açıklamasını sağlama
- Bireyin karşılaşacağı problemleri sadece bilimsel bir süreç ile çözebileceğinin düşüncesini kazandırma
- Bireyin öğrendiği bilgileri günlük hayata aktarabilme özelliğini kazandırma

- Bireyin karar verme sürecinde bağımsız düşünebilmesini sağlama
- Bireyin kendi yaşantısında karşılaştığı bilimsel ve teknolojik durumlar karşısında ilişki kurabilme
- Bireyin toplumun yararına yönelik işlevler gerçekleştirmesi düşüncesini aşılama (Hançer, vd., 2003).

Bu amaçların gerçekleşmesi aşamasında fen bilimleri dersi sorgulamayı temel alan, mantıksal düşünebilen aynı zamanda araştırma becerisi olan bireyler yetiştirmek adına fen bilimleri dersine uygun yöntem ve stratejiler geliştirilmelidir (Karakuyu, Bilgin ve Sürücü, 2013; Şahin ve Sağlamer, 2013).

### 3. FEN ÖĞRETİMİNDE LABORATUVAR KULLANIMI

Fen bilimlerinde bilimsel kavram, olgu, prensip ve yasalar fazla sayıda olduğundan, bunları bilgisayar teknolojileri kullanarak sanal ortama aktarmak ve görselleştirmek anlaşılmayı kolaylaştıracaktır (Urhan, 2019). Öğrencilerin fen derslerine karşı hissettikleri olumsuz duygular ve düşünceler dersin öğrencilere soyut gelmesinden dolayıdır. Uygulamalı işlenmeyen fen dersleri öğrenciler için anlamsız kalmakta ve bunun sonucunda da fen dersi ezberciliğe dayalı, anlaşılmayan bir ders olarak algılanmaya başlanmaktadır (Avcı ve Duman, 2016). Öğrencilerin alanlarıyla ilgili laboratuvar çalışmaları yapmaları akademik hayatlarında gereken becerileri kazanmalarını sağlar. Bu öğrencilerin eğitim hayatlarında laboratuvar uygulamalarının olmadığı takdirde bilgiler teorik düzeyde kalacak, etkili ve kalıcı bir öğrenmenin gerçekleşmesi mümkün olmayacaktır (Çivril, 2017). Bunlara dayanarak, öğrenci merkezli eğitim tercih edilerek öğrencilere bağımsız çalışabilecekleri yaratıcılıklarını destekleyen özgür bir eğitim ortamı hazırlanmalıdır (Özdemir, 2015). Bu ortamlar laboratuvarlar sayesinde sağlanabilir. Fen derslerinde deneysel yöntemleri ve laboratuvarları kullanmak öğrencilere bilimselliğe önem veren, araştıran, gözlem ve çıkarım yapabilen, düşünen, sorgulayabilen bir bakış açısı kazandırır (Mutlu, 2015).

#### 3.1 Fen Öğretiminde Geleneksel Laboratuvarlar

Geleneksel laboratuvarlar çok eski zamanlardan bu yana kullanılan laboratuvarlardır. Ayırıştırma veya birleştirme (analiz-sentez) yoluyla bir sonuca ulaşmak veya teşhis koymak için çeşitli araçlar kullanılarak tıp bilimi, eczacılık, fizik, kimya gibi temel bilim dallarıyla ilgili araştırmaların, deneylerin ve çalışmaların yapıldığı özel malzemelerle donanımlı yerlerdir (TDK, 2019). Ancak eğitim kurumlarına bakıldığında laboratuvarların birçok bakımdan yetersiz kaldığı görülmektedir. Bazı okullarda laboratuvar bulunmaması, laboratuvarların ortak kullanıma açık olması, sınıf mevcudunun fazlalığı ve bu nedenle öğretmenlerin gösterim yöntemini tercih edip sadece bu yöntemi kullanmak zorunda kalması, müfredatın içerdiği yoğun konular, laboratuvarlarda malzemelerin yetersizliği ya da yokluğu laboratuvar araç-gereçlerinin uygun fiyatlı olmaması gibi dezavantajlar birçok eğitim kurumunun laboratuvarlarında görülmektedir. Bunların yanında laboratuvarların bazı deneyler için tehlikeli durumlar içeriyor olması, uzun

süren deneylerin çok fazla zaman alıyor olması da yine görülen olumsuz durumlardandır (Kaba, 2012). Tüm bu olumsuzluklar göz önüne alındığında sanal laboratuvarlar bir kurtarıcıdır.

### 3.1 Fen Öğretiminde Sanal Laboratuvarlar

Sanal laboratuvar gerçek deneyimlerin yaşanmadığı, duyu organlarının özellikle dokunma duyusuna hitap etmeyen ancak nitelikli programlar sayesinde gerçeğe yakın deneyimler yaşatabilen ortamlar olarak tanımlanabilir. Sanal laboratuvar, öğrencilere istenilen yerde ve istenilen zamanda deney yapma imkanı sunan, öğretim teknolojileri ve bilgisayar programlarıyla hazırlanan, öğrenenlerin etkin bir şekilde rol aldığı etkileşimli öğrenme ortamlarıdır (Ünlü, 2019). Çağdaşlaşmanın getirilerinden biri olan sanal laboratuvarlar öğrencilerin motivasyonunu artıran, onları araştırmaya sevk eden üst düzey simülasyon imkânı sağlamaktadır (Dönel-Akgül, Geçikli, Konan ve Konan, 2018). Gerçek laboratuvarların sınırlılıkları göz önüne alındığında sanal laboratuvarlar fırsat eşitliği sağlayan etkileşimli öğrenme ortamlarıdır (Yavuz, 2022). Sanal laboratuvarlar sanal deneyler sayesinde öğrencilere bilimsel sorgulama yapma becerisi kazandıran bilgisayar yazılımları olarak da ifade edilebilir (Özdemir, 2019). Sanal laboratuvarlarda yapılan etkinliklerin ve bu etkinlikten kaynaklanacak hataların insana ve çevresine zarar vermemesi yanında öğrenciye deneyim yaşama, sınırsız tekrar edebilme ve konuyu anlama fırsatı sağladığı söylenebilir (Şeker ve Koç-Ünal, 2020). Sınırsız tekrar ve zaman kısıtlamasının olmayışı öğrenme yolundaki en büyük avantajlardan biri olarak görülebilir. Çünkü öğrenci ister gece ister gündüz bir ortama ve zamana bağlı kalmadan dilediği gibi deney ve etkinlik yapma imkânına sahiptir.

Dört duvarla çevrili olmayan, dokunabildiğimiz laboratuvar malzemeleri olmadan, deneyleri, gözlemleri, çalışmalarını yapabildiğimiz, bilgisayarlar yardımıyla kurduğumuz sanal ortamlar sanal laboratuvar olarak tanımlanabilir. Bu laboratuvarlarda sayısız deneme ve gözlem imkânı vardır. Birçok çeşidi bulunan programlar kullanılarak istenilen tüm deneylerin simülasyonlarını ve animasyonlarını oluşturmak mümkündür. Oluşturulan simülasyonlar ve animasyonlar kullanılarak gerçekleştirilecek sanal laboratuvarlar ve buradaki etkinlikler sayesinde, öğrencilere bilgisayar ortamında konuların ve olayların deneyleri interaktif bir şekilde yaptırılabilir (Bozkurt, 2008).

Sanal laboratuvarlar, bilgisayar ortamında gerçekleştirilen uygulamaları kapsar. Bu sanal ortamlarda gerçekleştirilen her deney kayıt altına alınabilir. Gerçek laboratuvarlarda kayıtlar, gözlemcinin not alma, etkin takip etme becerilerine kalmışken, sanal ortamda bilgisayar programı bu işi zahmetsizce yapmaktadır (Yalçın, 2014). Öğretmenlerin daha iyi öğretim yapabilmeleri için kendilerini devamlı olarak geliştirmeleri gerekmektedir. Öğretmenler, klasik anlatımların etkisini bilgisayarı, teknolojiyi ve diğer eğitimsel araçları kullanarak artırmalıdır. Benzer biçimde öğretmen adaylarının da gelecekte etkili ve verimli bir fen eğitimcisi olabilmeleri için sanal laboratuvar uygulamalarını, teknoloji yeterliklerini biliyor ve uyguluyor olması gerekmektedir (Erdoğan, 2014).

Laboratuvar yönteminin öğretim programında kullanmasını şu amaçlarla açıklayabiliriz;

- Öğrenen bireyin yaratıcılıklarını arttırmak

- Öğrencilerin laboratuvar etkinliklerini kullanarak öğrendiklerini günlük hayata uygulamasını sağlamak
  - Ezbere yönelik eğitim yerine öğrencinin uygulama yaparak öğrenmesini sağlamak
  - Öğrencilerin psiko-motor becerilerini geliştirmek
  - Fen derslerine ait teorik bilgilerin deneyle gerçekleşmesini sağlamak
  - Öğrencinin bilişsel süreç içerisinde üst düzey bilişsel sürece ulaşmasını sağlamak
- (Bahar, 2006).

Böylece laboratuvar ortamı soyut olan fen bilimlerine ait bilgilerin daha iyi bir şekilde anlaşılmasını sağlamaktır (Feyzioğlu, Demirdağ, Akyıldız ve Altun, 2012).

### 3.1.1. Sanal Laboratuvarların Avantajları

Alan yazın incelendiğinde sanal laboratuvar uygulamalarının pek çok katkısından ve faydasından bahsedildiği görülmektedir. Sanal sistemler, okulların ve üniversitelerin yüksek kalitede organize olmaları için düşük maliyetli, çoklu erişim imkânı sunarak aynı sanal ekipmanı birden çok öğrenci tarafından aynı anda kullanılabilir. Öğrenciler kendilerini rahat hissederler, gerekli araç gereçleri bulmak için zaman harcamak zorunda kalmazlar. Sistem konfigürasyonunda değişikliğe izin verir, gerçek bir sistemde sıklıkla değiştirilemeyen parametreleri sanal laboratuvarlarda değiştirmek mümkündür. Sanal dünyada çarpışmalar, kırılmalar, dökülmeler tolere edilebilir, yani “hasar”a izin verilir, böylece hatalardan ders alma imkânı açılır. İç yapıyı ortaya çıkarma imkânı tanır, robotik bir örnekte motorları ortaya çıkarma ve dişli kutuları ve rotor, stator, dişliler ve diğer şanzıman bileşenlerini (kayışlar ve miller gibi) açığa çıkarıp inceleme fırsatı sağlar. Deney sürecini anlamaya çalışmakla zaman kaybetmeyip direkt olarak deneye odaklanmak kolaylaşır (Dalgarno vd. 2003; Potkonjak vd, 2016).

Fen eğitiminde sanal laboratuvar uygulamaları akademik başarıyı artırmaya katkı sağlamaktadır. Öğrencilerin derslere karşı olumlu tutum geliştirmeleri ve başarılı olmaları için kavram öğrenmenin etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi için sanal laboratuvarlar kullanılabilir. Gerçek hayatta gözlenmesi ve gerçekleştirilmesi uzun süren etkinlikler sanal laboratuvarlarda kısa sürede gerçekleştirilebilir, deney sırasında ihmal edilen noktalar sanal laboratuvarlarda daha detaylı gözlemlenebilir (Karagöz-Mircik ve Saka 2018). Sanal laboratuvarlar makine, teçhizat ve kompleks araç gereçlere gerek duyulmadan, maliyet artırıcı araçlardan muaf, fiziksel ortama gerek duyulmadan anlaşılır deneyler yapılmasına olanak sağlar. Sanal laboratuvarlar hem başlı başına hem de gerçek deneylerden önce deneme yapmak-ön hazırlık yapmak amacıyla kullanılabilir (Kiraz, 2014).

### 3.1.2. Sanal Laboratuvarların Dezavantajları

Yukarıda bahsedilen avantajların yanı sıra alanyazında sanal laboratuvarların dezavantajlarından da bahsedilmiştir. Birçok makale sanal laboratuvarların daha az maliyetli olduğunu savunurken bazı makalelerde sanal laboratuvar kurmanın maliyetli olduğu savunulmuştur (Artun, Aydın-Günbatır ve Günbatır, 2020).

Ayrıca yaşlı ilerlemiş öğretmenler yeni eğitim biçimlerine karşı daha isteksizler, sanal laboratuvarlara uyum sağlayamayabilir ve uygulamalara direnç gösterebilirler. Standart

bilgisayarlarla karmaşık sanal laboratuvar işlemleri sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmeyebilir (Velev ve Zlateva, 2017).

Bir diğer dezavantaj, sanal bir sistemin doğasından kaynaklanmaktadır. Sistem gerçekte mevcut değildir ve bu nedenle gerçekten kötü hiçbir şey çıkamaz. Bu gerçek bazen öğrencilerde şu tutumu yaratır: ciddiyet eksikliği, sorumsuzluk ve dikkat eksikliği. Öğrenciler bir video oyunu oynuyormuş gibi hissedebilirler (Potkonjak vd, 2016). Gerçek deney düzeneklerine benzemeyen sanal laboratuvardaki düzenekler öğrencilere inandırıcı gelmemektedir (Couture M, 2004; akt Özdemir, 2019). Fen, mühendislik, tıp gibi el becerisi gerektiren durumlarda sanal laboratuvar uygulamaları yetersiz kalabilmektedir (Kiraz, 2014). Ayrıca gelişmekte olan ülkelerde, ekonomik olarak geri kalmış çocuklar çevrimiçi öğrenme cihazlarının maliyetini karşılayamaz durumdayken, çevrimiçi eğitim, öğrenci için olması gerekenden daha fazla ekrana bakma riski taşır (Pokhrel ve Chhetri, 2021).

#### 4. ALAN YAZINDAKİ BAZI SANAL LABORATUVAR ÇALIŞMALARI

Yapılan literatür taramasında çokça sanal laboratuvar çalışmasına rastlanılmıştır. Bütün çalışmalardan bu tez çalışmasında bahsedilmesi olanaksızdır ancak aşağıda genel bir çerçeve oluşturmak adına birtakım çalışmalar sıralanmıştır.

**Bozkurt (2008)**, fizik alanında sanal laboratuvar uygulamasının öğrencilerin başarısına etkisini araştırdığı tezinde, sanal laboratuvar uygulamalarının gerçek laboratuvar uygulamalarına kıyasla akademik başarıyı olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Bu çalışma için 2006-2007 akademik yılında Selçuk Üniversitesi Elektrik ve Manyetizma dersini alan toplam 115 öğrenci üzerinde yürütülmüştür. Bu çalışmada kullanılmak üzere, “Alternatif Akım Devreleri ve Seri RLC Devresinde Rezonans” konuları ile ilgili bir sanal laboratuvar hazırlanmıştır. Araştırma için üç grup belirlenmiştir. Bu gruplar; sanal/geleneksel laboratuvar (SG), sanal laboratuvar (S) ve geleneksel laboratuvar (G) gruplarıdır. SG grubuna hem sanal hem de geleneksel laboratuvar uygulamasıyla ders işlenmiş, S grubunda, sadece sanal laboratuvar kullanılmıştır. Aynı ders G grubunda, geleneksel laboratuvar yöntemi kullanılarak yürütülmüştür. Grupların başarılarını karşılaştırmak üzere başarı testi hazırlanıp kullanılmıştır. Öntest-sontest sonuçlarından elde edilen bulgular SPSS-13 programıyla analiz edilmiştir. Araştırma sonuçlarına bakıldığında, sanal laboratuvar uygulamalarını kullanan grupların (SG-S) lehine anlamlı sonuçlar elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır.

**Çinici vd. (2013)**, 5. sınıfların fen bilimleri dersinde ışık ve ses konusunun öğretiminde sanal laboratuvar uygulamaları yapılmasını geleneksel laboratuvar uygulamalarıyla kıyaslandığında öğrencilerin akademik başarılarına etkisinin olumlu yönde olduğu sonucuna ulaşmıştır. Araştırma için yöntem olarak yarı deneysel araştırma modelinin ön test-son test kontrol gruplu deseni kullanılmıştır. Çalışma, 2012-2013 öğretim yılı Adıyaman İlindeki bir ortaokulun 2 farklı 5. sınıfından toplam 54 öğrenciyle gerçekleştirilmiştir. Sınıflardan birisi rasgele, EBA'dan sağlanan simülasyonlarla sanal laboratuvar çalışmalarının olduğu deney grubu, diğeri ise geleneksel laboratuvar çalışmalarının yürütüldüğü kontrol grubu olarak seçilmiştir. Araştırmada veri toplamak için geliştirilen “Işık ve Ses Ünitesi Başarı Testi” uygulanmıştır. Uygulama sonunda ulaşılan veriler SPSS 15 paket programında çözümlenmiştir. Sonuç olarak hem sanal laboratuvar etkinliklerinin yapıldığı deney grubunda hem de geleneksel laboratuvar

uygulamalarının yürütüldüğü kontrol grubunda anlamlı düzeyde başarı artışı olduğu gözlemlenmiştir. Grupların son test puanları karşılaştırıldığında deney grubu lehine bir farkın olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Kiraz (2014)**, yaptığı çalışmada yüksek maliyetli çekme deneyi uygulamasını sanal laboratuvar aracılığıyla tasarlamıştır. Her öğrencinin tek başına yaptığı farz edilirse takriben 15.000 gibi bir maliyete denk gelen deney sanal laboratuvar sayesinde öğrencilerin kullanımına sunulmuştur. Yapılan bu çalışmada, çekme testi laboratuvarında bir numunenin farklı hızlarda çekilerek ulaşılan çekme kuvveti ve % uzama miktarları verilerinden yola çıkılarak, farklı çekme hızlarında % uzama miktarlarının tahmin edilebilirliği incelenmiştir. Kullanıcıların sanal ortamda deney yapabilmeleri, sanal çekme testi platformu tasarlanarak sağlanmıştır. Sanal laboratuvar sayesinde çok maliyetli deneylerin kolaylıkla yapılacağı sonucuna ulaşılabılır.

**Ekici (2015)**, fen bilimleri öğretmenlerinin sanal laboratuvar hakkındaki görüşleri ve bu yöntemden faydalanma düzeyleri isimli yüksek lisans tezinde 36 maddeden oluşan “Sanal Laboratuvar Görüş Ölçeği (SLGÖ)” geliştirmiş ve araştırmasını bu ölçekle yapmıştır. Çalışmanın verileri saha araştırması yapılarak elde edilmiştir. Çalışma grubunu fen bilimleri öğretmenleri ile liselerde çalışan toplam 53 fen grubu öğretmeni oluşturmuştur. Sonuç olarak; fen öğretiminde sanal laboratuvarları kullanmanın geleneksel laboratuvarlar kadar etkili sonuçlarının olduğuna, birçok avantajlarının bulunduğu ve fen öğretiminde etkili bir öğretim yöntemi olarak kullanılabileceğine öğretmen görüşlerine dayanarak ulaşılmıştır.

**Duman ve Avcı (2016)**, Sanal laboratuvar uygulamalarının öğrenci başarısına ve öğrenilen bilgilerin kalıcılığa etkisinin araştırıldığı bu çalışmada nicel araştırma yöntemlerinden kontrol gruplu yarı deneysel desen yöntemi kullanılmıştır. Çalışma grubunu Mersin İlinin Erdemli ilçesindeki 31 sekizinci sınıf öğrencisi oluşturmuştur. Çalışmanın verilerini toplamak için 25 sorudan oluşan “Ünite Başarı Testi” kullanılmıştır. Ünite başarı testi ile elde edilen ön test, son test ve kalıcılık testi verilerinin analizinde t testi kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda sanal laboratuvarın öğretmen merkezli öğretim yöntemine göre öğrenci başarısında ve edinilen bilgilerin kalıcılığının sağlanmasında daha etkili olduğu görülmüştür.

**Permanasari vd. (2016)**, Bu araştırma, ortaokul öğrencilerinin su kirliliği konulu bilimsel okuryazarlığını geliştirmede alternatif bir ortam olarak STEM tabanlı bir sanal laboratuvar geliştirmeyi amaçlamıştır. Geliştirme, şu yöntemler kullanılarak yapılır: Tanımla, Tasarla, Geliştir ve Yay. Uygulama yapıldıktan sonra tek grup ön test-son test deseni kullanılarak bilimsel okuryazarlığı artırmadaki etkinliği incelenmiştir. Tanımlama aşamasında PISA 2012'deki problemler ve STEM özellikleri analiz edilmiştir. Tasarım aşamasında akış şemaları ve kullanıcı arayüzü tasarımı yapılmıştır. Geliştirme aşamaları, sanal laboratuvarların oluşturulmasını ve medya uzmanı ve bir fen bilgisi öğretmeni tarafından onaylanmasını içerir. Yayınlaştırma aşamaları bu araştırmayı ortaokul öğrencilerinin iki sınıfı ile sınırlı olarak uygulamaktır. Medya uzmanı doğrulamasından ve fen öğretmenlerinden elde edilen sonuçlar, geliştirilen STEM tabanlı sanal laboratuvarların fizibilite çalışmasında medya uzmanına göre %86,24 ve fen bilgisi öğretmenine göre %82,71 oranında çok iyi kullanıldığını doğrulamaktadır. Sonuçlar, geliştirilen STEM tabanlı sanal laboratuvarın uygulanmasının, orta kategoriye giren 7B sınıfında 0,46 ve 0,29 sınıfında 7D sınıfında büyük bir artış ile öğrencilerin bilimsel okuryazarlığını geliştirebileceğini göstermektedir.

**Aydın (2018)**, sanal laboratuvar ve geleneksel laboratuvar karşılaştırması yaptığı çalışmada sanal laboratuvarın öğrencilerin öğrenimlerine katkı sağladığını saptamıştır. Ayrıca sanal laboratuvarların akıl yürütmeye, öğrencileri öğrenmeye teşvik etmeye ve öğrenimi kolaylaştırmaya katkılarının olduğu ifade edilmiştir. Öğrencilerin sanal laboratuvar çalışmalarından zevk aldığı belirtilmiştir.

**Urhan (2019)**, sanal gerçeklik uygulamalarını konu alan tez çalışmasında ulaştığı sonuçta bu uygulamaların akademik başarıya olumlu yönde etki ettiğine ulaşmıştır. Çalışmada 6. sınıf, Güneş Sistemi ve Tutulmalar ünitesi içerisinde bulunan kazanımlar, üç boyutlu olarak dijital ortama Urhan (2019) tarafından aktarılmıştır. Bu araştırma için "ön test – son test kontrol gruplu yarı deneysel model" kullanılmıştır. Çalışma grubunu 32 öğrenci oluşturmaktadır. Çalışma grubu deney grubu ve kontrol grubu olarak ikiye ayrılmış ve deney grubunu oluşturan 16 öğrenciye, "Güneş Sistemi ve Tutulmalar" ünitesi tasarlanan sanal gerçeklik uygulaması kullanılarak işlenmiş, kontrol grubundaki 16 öğrenciye ise öğretim programında belirtilen teknikler kullanılarak ders işlenmiştir. Nicel olarak elde edilen veya puanlandırma ile nicele dönüştürülen veriler SPSS paket programında nitel veriler ise betimsel analiz yöntemi ile analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda, deney ve kontrol grubu ön test sonuçları arasında anlamlı bir farklılık ortaya çıkmamış ancak son test sonuçlarına göre ise deney grubu lehine anlamlı bir farklılık ortaya çıkmıştır.

**Koç-Ünal (2019)**, yaptığı yüksek lisans tezinde sanal ve gerçek laboratuvar uygulamalarının 5.sınıf elektrik ünitesinde ders başarılarını karşılaştırmış ve sanal laboratuvar uygulamalarının geleneksel laboratuvar uygulamalarına kıyasla daha etkili olduğu sonucuna ulaşmıştır. Araştırma için deney ve kontrol grupları oluşturulmuştur. Kontrol grubuna gerçek laboratuvar öğretim faaliyetleri yapılırken deney grubunda ise aynı konudan sanal laboratuvar uygulamalarıyla ders işlenmiştir. Araştırmanın çalışma grubunu 2017- 2018 yıllarında Ankara ilindeki bir ortaokulun 5. sınıf öğrencileri oluşturmuştur. Çalışmada "Elektrik Başarı Testi" isimli test kullanılmıştır. Araştırma sonunda ulaşılan bulgular SPSS-12 istatistik paket programı ile analiz edilmiştir. Gruplar arası karşılaştırmalar bağımsız gruplar t-testiyle, grup içi karşılaştırmalar ise bağımlı gruplar t-testiyle yapılmıştır. Araştırma sonunda, sanal laboratuvar yöntemi kullanılan grup ve geleneksel yöntem uygulanan kontrol grubu arasında deney grubu lehine anlamlı bir farklılık ortaya çıkmıştır. Sanal laboratuvar yöntemiyle ders işlemenin öğrencilerin başarılarını ve edinilen bilgilerin kalıcılığını arttırmada etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Günlü (2019)**, fen bilimleri öğretmenlerinin sanal laboratuvar kullanımının fen öğreniminde uygulanabilirliği konusundaki görüşlerini araştırdığı yüksek lisans tezinde, nitel araştırma yöntemlerinden bütüncül çoklu durum deseni benimsenmiştir. Çalışma grubunu 10 fen bilimleri öğretmeni oluşturmaktadır. Araştırmada veri toplama aracı olarak yarı yapılandırılmış görüşme formu, etkinlik formları ve sanal laboratuvar değerlendirme formları kullanılmıştır. Veriler içerik analizi kullanılarak yorumlanmıştır. Araştırma sonuçları incelendiğinde öğretmenlerin sanal laboratuvar kullanımının bazı dezavantajları olduğunu söylese de fen öğreniminde kullanılmasının birçok avantajından söz etmişlerdir. Öğrencilerin teknolojiye olan ilgileri düşünüldüğünde sanal laboratuvar kullanılarak derste kalıcılığın ve başarının artacağını düşünmektedirler. Öğretmenlerin verdikleri cevapların genel olarak olumlu olduğuna ulaşmıştır

ve tezde kullanılan sanal laboratuvar programının konunun daha iyi anlaşılabilmesini sağlayacağını düşünmektedirler. Malzeme eksikliği olan, deneyleri yapamayan okullarda eğitim faaliyetlerinde fırsat eşitliği yaratacağı, öğrenilen bilgileri somutlaştıracağı, derse alakasını kaybeden bir öğrencinin bile dikkatini çekeceği sonuçlarına çalışma sonucunda ulaşmıştır.

**Sasongko vd. (2019)**, Sanal laboratuvar araç ve gereç gibi var olan tüm sınırlamalar olmadan pratik eğitimi barındırır. Bu çalışmada, sanal laboratuvarın ilgili anahtar kelimelerine dayalı olarak seçilen araştırma makalelerinin sistematik bir literatür taraması yöntemi kullanılmıştır. Sanal bir laboratuvar ile mesleki eğitimde uygulamalı öğrenme, sınırlar olmaksızın daha esnek hale gelir ve zaman sıkıntısı yaratmaz. Finansal açıdan, sanal bir laboratuvarın geliştirilmesi, gerçek laboratuvarla karşılaştırıldığında büyük miktarda yatırım gerektirmez. Kullanıcılar öncelikle aktif deneyimin ve öğrenci katılımının rolünü vurgulayan deneyime dayalı öğrenmeyi elde etmelidir. Çalışma sonucunda görülmüştür ki literatürden ulaşılan çalışmalardan şu sonuçlar çıkarılabilir; öğrencilerin öğrenme süreçlerini kolaylaştırmak, böylece öğrenme verimliliği önemli ölçüde artırmak sanal laboratuvarla mümkündür.

**Bostan Sarıoğlan vd. (2020)**, uzaktan eğitim sürecinde fen bilimleri dersinde deney yapmaya ilişkin öğretmen görüşlerinin araştırılması isimli makalelerinde elde edilen sonuçlarda, öğretmenler uzaktan eğitimin avantajları olarak zamandan tasarruf sağlaması ve laboratuvar ortamında yapımının tehlike içeren deneyleri sanal olarak yapmanın daha etkili olduğu fikirlerini belirtmişlerdir. Ancak deney yapma sürecinde daha fazla dezavantaj ile karşılaşmışlardır. Bu dezavantajlar arasında aktif katılımın olmaması, dönütlerin yeterince sağlanamaması, çevrimiçi eğitim yetersizlikleri, sistemden kaynaklanan aksaklıklar, iletişim sağlamanın zorluğu ve öğrencilerin ilgisizliği sayılmaktadır.

**Rohim (2020)**, Eğitim sistemine aşılana teknolojik ilerlemenin ihtiyaçları, dijital ortam eğitim ortamlarını etkilediğinden, kapsamlı araştırmaları giderek daha fazla önemli hale getirmektedir. Spesifik olarak, dijital ortam olarak sanal laboratuvarlar artık sadece mühendislik ve bilgisayar bilimleri alanlarında değil, genel olarak eğitim alanında da kullanılmaktadır. Dijitalleştirilmiş öğretim yardımcıları, web tabanlı öğrenme, e-öğrenme vb., içinde sanal laboratuvarlara ihtiyaç duyan olası alanlardır. Bu bağlamda, kütüphane araştırması yoluyla Jambi ili bağlamında sanal laboratuvarların ihtiyaç analizini yapmak için bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma, belgesel analiz tekniklerini kullanmaktadır. Bu çalışma amaçlı olarak, sanal laboratuvarlarla ilişkilendirilen çevrimiçi dergileri seçer ve çalışmanın değişkenlerini, yöntemlerini ve sonuçlarını analiz eder. Bu çalışma, yapılan araştırmaların, sanal laboratuvarların kullanımı sırasında öğrencilerin duyularını dahil etme fırsatının kaybedilmesine karşın, sanal laboratuvar kullanımlarının birkaç eksikliğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte, genel olarak sanal laboratuvar kullanımları fen eğitimine aşağıdaki gibi faydalar sağlar: a) Sanal laboratuvarlar, öğrencilerin teorik ve bilimsel kavramlar ile pratik laboratuvar teknikleri ve becerileri arasında bağlantı kurmasına yardımcı olur; b) Sanal laboratuvarlar, öğrencileri bilimsel olguları öğrenmeye daha fazla dahil eden simülasyonlar sağlar; c) Öğrenmeye duyuşsal katılım gibi bazı önemli öğrenme deneyimleri fırsatları sanal laboratuvarlar tarafından sağlanmasa da, çoğu sanal laboratuvar, öğretim yardımcılarının özelliklerini yerine getirmek için geliştirilir; d)

Sanal laboratuvarlar, uygulama etkinliklerinin hazırlık aşamalarını kısaltarak ders zamanının verimli kullanılmasını sağlar ve e) Sanal laboratuvarlar, öğrencilerin deneyi defalarca

tekrar etmelerine olanak tanır. Buna ek olarak, sanal laboratuvar kullanımları, finansal kaynaklar, akademik ilerleme, teknolojik bilgisayar simülasyonu gelişimi ve kültürel yönler gibi eğitim alanının bazı önemli yönlerine de umutlar getirir. Bu çalışma, Jambi Eğitim Kurulu'na okullarda fen eğitimini tamamlayıcı ve destekleyici öğretim yardımcıları olarak donatmak için sanal laboratuvar kullanımlarını önermektedir.

**Evstatiev vd. (2022)**, yaptığı çalışmada mühendislik öğrencilerinin COVID-19 sırasında sanal laboratuvarlarla ilgili deneyimlerini bir anketle ölçmüştür. Ölçek hazırlanıp Bulgaristan'daki öğrencilere dağıtılmıştır. Öğrencilerin motivasyonları olumlu olarak etkilenmiş olsa bile çoğunluk yüz yüze laboratuvarların sanal olanlara kıyasla daha etkili olduğunu belirtmiştir.

Alanyazında bulunan birçok çalışma göstermektedir ki sanal laboratuvar uygulamalarının akademik başarı üstünde olumlu etkileri bulunmaktadır.

## 5. SONUÇ

21. yüzyıl bilgi çağı olarak görülmekte birlikte, ülkemizin gelişmiş ülkeler ile aynı seviyede olabilmesi adına fen eğitimine gereken önem verilmeli ve eğitim, öğretim programlarının planlamasında bu önem doğrultusunda şekillenmelidir (Aydın, 2008). Bilgi çağına ayak uydurabilmemiz ancak eğitime verilen değer ile gerçekleşmektedir (Erdoğan, 2000).

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte maliyetli ve zaman alıcı gerçek-geleneksel laboratuvarlar yerine sanal laboratuvarlar işlevsel hâle gelmiştir. Ayrıca Covid-19 pandemisinde uzaktan eğitim yapma mecburiyetiyle sanal laboratuvarların gerekliliği kaçınılmaz olmuştur. Sanal laboratuvar, öğrencilere istenilen yerde ve istenilen zamanda deney yapma imkânı sunan, öğretim teknolojileri kullanılarak ve bilgisayar programlarıyla hazırlanan, öğrenenlerin rol aldığı interaktif öğrenme ortamlarıdır (Ünlü, 2019). Sanal laboratuvar ile belirlenen bir konu üzerinde deneyler ve çalışmalar yapılabilir. Buna ilaveten sanal laboratuvar ortamı ile uzak mesafelerde bile zamandan tasarruf edilebilir. Özellikle mali açıdan faydalı olan bu sistemle konunun anlaşılabilirliği da olayların görselleştirilmesiyle ve etkileşimli olmasıyla beraber artacaktır. Sanal laboratuvarda yapılan farklı etkinlikler, kullanılan kimyasalların, elektrik bağlantılarının insana ve çevreye zarar vermemesinin yanında öğrenciye deneyerek yaşama, deneyi tekrar tekrar yapabilme, kendi öğrenmelerini denetleme ve konuyu kavrama fırsatı sağlar (Koç-Ünal, 2019).

Ülkemizde ve tüm dünyada 2020 yılında görülen Covid-19 salgınında bütün eğitim ve öğretim faaliyetleri uzaktan sürdürülmeye çalışılmıştır. Yüz yüze eğitimlerin yapılamamasından dolayı gerçek laboratuvar uygulamaları çoğunlukla yapılamamıştır. Bu durum sanal laboratuvar eğitimlerinin önemini bir kez daha ortaya koymuştur (Artun, Aydın-Günbatır ve Günbatır, 2020). Gerek Covid-19 pandemi döneminde gerekse uzaktan eğitim faaliyetlerinde sanal eğitimin artık hayatımızın bir parçası olduğu yadsınamaz bir gerçektir.

Geleneksel eğitim öğretim faaliyetlerinden zaman içinde uzaklaşan eğitim sistemi, geçmişte aksaklıklara ve problemlere neden olan faktörleri belirlemek ve modern toplumun gereksinimlerine karşılık verecek yeni yaklaşımları kullanmak durumundadır (Rusten, 2004). Bu amaçla bilimsel bilgiler kullanılarak yapılandırmacı yaklaşımı bilgisayar ortamında sentezletecek bilgisayar destekli programlara gereksinim vardır. Bu ihtiyaç sonucunda eğitimin ortam ve

süreden bağımsız olacak şekilde yapılmasını sağlayan sanal laboratuvarlar, eğitimi sınıfın duvarlarına hapsolmaktan çıkarıp bilgisayarların bulunduğu her ortama taşıyabilmelidir (Yang ve Heh, 2007). Sanal laboratuvarlar, gerçek laboratuvarların bir tamamlayıcısı olarak öğrencilerin öğrenme tecrübelerini çoğaltmakta, öğrenenlere gerçek bir laboratuvardaymış gibi deney yapma, materyal kullanma, deney sürecini etkileşim içinde tamamlama, soyut durumlardan somut çıkarımlarda bulunma ve yapılan deneyin deney raporunu yazma gibi becerilerini artırma olanağı sağlamaktadır. (Subramanian ve Marsic, 2010).

Doğa bilimlerinde, deneysel öğrenme ve laboratuvar önemlidir. Konuya dair bilgileri anlamak ve materyalin öğrenenler tarafından akılda tutulması için en önemli yöntem soyut olayları somutlaştıran laboratuvarlardır. Öğrenci öğreniminin iyileştirilmesine katkıları ve önemi yadsınamaz. Özellikle geleneksel öğretim yöntemleriyle karşılaştırıldığında sanal laboratuvar uygulaması okullar için daha az maliyet gerektirir. Bu bağlamda uzaktan eğitim ve yaşam boyu eğitim için değerli bir araçtır ve ayırt edici bir etkileşim düzeyi sunar (Eljack, Alfayez ve Suleman, 2020).

Yapılan araştırmalar sonucunda fen bilimlerinde laboratuvarlar vazgeçilmez öğrenme ortamlarıdır. Laboratuvar ortamı öğrencilerin derse karşı olumlu tutum sergilemesini, öğrenme başarılarını, sergileme becerilerini, kavramsal anlama ve sorgulama yeteneğini olumlu yönde etki ettiği görülmektedir (Freedman, 1997; Thompson ve Soyibo, 2002; Hofstein ve Lunetta, 2004).

## Kaynakça

Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., Tuan, H.-I. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88(3), 397-419. doi: 10.1002/sce.10118.

Artun H., Aydın-Günbatır S., Günbatır M.S. (2020). *Fen Öğretiminde Teknoloji Eğilimleri*, ISBN 978-625-7880-54-I, Pegem Akademi, Ankara.

Avcı, G., Duman M.Ş. (2016). Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Öğrenci Başarısına ve Öğrenilenlerin Kalıcılığına Etkisi: Mersin-Erdemli Örneği, *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi* Cilt-18, Sayı-1.

Aydın, A. (2008). Ortaöğretim öğretmenlerinin 1992'den beri uygulanan ortaöğretim kimya müfredatları hakkındaki görüşleri. *Eğitim ve Bilim Dergisi*, 33(148), 87-99.

Aydın, Ş.Z.N. (2018). *Fen Bilgisi Dersi Öğretiminde Sanal Laboratuvar Uygulamasının Kullanılması ve Değerlendirilmesi*. Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Aykaç, N., Aydın, H. (2006). *Öğrenme-Öğretme Sürecinde Planlama ve Uygulama*. Naturel Yayıncılık. Ankara.

Bahar, M. (2006). *Fen ve Teknoloji Öğretimi*. Pegem A yayıncılık, Ankara.

Bostan Sarıoğlan, A., Altaş R., Şen R. (2020). Uzaktan Eğitim Sürecinde Fen Bilimleri Dersinde Deney Yapmaya İlişkin Öğretmen Görüşlerinin Araştırılması, *MILLÎ EĞİTİM*, Cilt: 49 , Özel Sayı/2020 , Sayı: 1, (371-394).

Bozkurt, E. (2008). *Fizik Eğitiminde Hazırlanan Bir Sanal Laboratuvar Uygulamasının Öğrenci Başarısına Etkisi*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı.

Çinici, A., Özden M., Akgün A., Ekici M., Yalçın H. (2013). Sanal ve Gerçek Laboratuvar Uygulamalarının 5.Sınıf Öğrencilerinin Işık ve Ses Ünitesiyle İlgili Başarıları Üzerine Etkisinin Karşılaştırılması, *Bayburt Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt 8, Sayı 2.

Çivril, H. (2017). *Açık ve Uzaktan Öğrenmede Sanal Laboratuvarlar: Devre Analizi Uygulaması*, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

Dalgarno, B., Bishop, A.G., & Bedgood Jr., D.R. (2003). The potential of virtual laboratories for distance education science teaching: reflections from the development and evaluation of a virtual chemistry laboratory. *Uni Serve Science Improving Learning Outcomes Symposium Proceedings*, (pp. 90-95).

Dönel Akgül, G., Geçikli E., Konan F., Konan E. (2018). Fen Eğitiminde Sanal Laboratuvar Kullanımı Hakkında Öğretmen Adaylarının Görüşleri, *Kesit Akademi Dergisi*, ISSN: 2149 – 9225 Yıl: 4, Sayı:14, s. 61-74.

Ekici, M. (2015). *Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Sanal Laboratuvar Hakkındaki Görüşleri ve Bu Yöntemden Faydalanma Düzeyleri*, Yüksek Lisans Tezi, Adıyaman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İlköğretim Anabilim Dalı.

Eljack S.M., Alfayaz F. and Suleman N.M. (2020). Organic Chemistry Virtual Laboratory Enhancement, Computer Science, *International Journal of Mathematics and Computer Science*, 15(1), 309-323.

Erdoğan, S. (2014). *Sanal Laboratuvarın, Öğrenenlerin Akademik Başarılarına ve Algılanan Öğrenmelerine Etkisi*. Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.

Erdoğan, İ. (2000). *Çağdaş Eğitim Sistemleri*. İstanbul: Sistem Yayıncılık

Evstatiev, B., Hristova, T. and Gabrovska-Evstatieva, K. (2022). Investigation of Engineering Students' Attitude towards Virtual Labs during the COVID-19 Distance Education. *International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications* Vol. 11, No. 5, September 2022.

Feyzioğlu, B., Demirdağ, B., Akyıldız, M., Altun, E. (2012). Kimya öğretmenlerinin laboratuvar uygulamalarına yönelik algıları ölçeği geliştirilmesi. *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, 9 (4): 44-63.

Freedman, M. P. (1997). Relationship among laboratory instruction, attitude toward science, and achievement in science knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(4), 343-357.

Günlü, E. (2019). *Ortaokul Fen Bilimleri Öğretmenlerinin Sanal Laboratuvar Kullanımının Fen Öğreniminde Uygulanabilirliği Hakkındaki Görüşleri*. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilgisi Eğitimi Anabilim Dalı, Mersin.

Hançer, A., Şensoy, Ö., & Yıldırım, İ.H. (2003). İlköğretimde çağdaş fen bilgisi öğretiminin önemi ve nasıl olması gerektiği üzerine bir değerlendirme. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 13(1), 80-88.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>

Kaba, A.U. (2012). *Uzaktan Fen Eğitiminde Destek Materyal Olarak Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Etkililiği*. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskişehir.

Karagöz Mircik, Ö., Saka A.Z. (2018). Virtual Laboratory Applications in Physics Teaching, *Canadian Journal of Physics*, 96(7), 745-750.

Karakuyu, Y., Bilgin, İ. ve Sürücü, A. (2013). Araştırmaya Dayalı Öğrenme Yaklaşımlarının Üniversite Öğrencilerinin Genel Fizik Laboratuvarı II Dersindeki Başarı ve Bilimsel Süreç Becerilerine Etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(10), 237-250

Kiraz, A. (2014). *Yapay Zeka Destekli Sanal Laboratuvar Tasarımı: Çekme Deneyi Uygulaması*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.

Mutlu, A. (2015). *Genel Kimya Düzeyinde Gerçek Ve Sanal Laboratuvar Ortamlarında Gerçekleştirilen Rehberli Sorgulamaya Dayalı Etkinliklerin Öğrenme Sürecine Etkisi*. Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Özdemir, A.M. (2015). Eğitim Teknolojilerinin Fen ve Teknoloji Derslerinde Kullanılması: Bir Durum Çalışması, *Journal of Educational Science*, Cilt 3, Sayı 4,

Özdemir, E. (2019). Sanal Deneylerin Modern Fizik Dersinde Öğrenme Etkinliği Olarak Kullanımı: Katot Işın Tüpü Sanal Deneyi Örneği. *Studies in Educational Research and Development*, 3(2), 43-61.

Özcan, E., Kaçar S. (2021). Fen Eğitiminde Laboratuvar Güvenliğine Yönelik Çalışmaların İncelenmesi, *Fen, Matematik, Girişimcilik ve Teknoloji Eğitimi Dergisi*, 4(2), 91-99.

Permanasari, A., İsmail, Setiawan, W. (2016). Stem virtual lab: an alternative practical media to enhance student's scientific literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* <http://journal.unnes.ac.id/index.php/jpii>. JPPI 5 (2) (2016) 239-246.

Pokhrel, S. and Chhetri, R. (2021). A Literature Review on Impact of COVID-19 Pandemic on Teaching and Learning. <https://doi.org/10.1177/2347631120983481> Erişim 25.08.2022 tarihinde sağlanmıştır.

Potkonjak, V., Gardner M., Callaghan V., Mattila P., Guetl C., Petrovic V.M. and Jovanovic K. (2016). Virtual Laboratories For Education In Science, Tecnology and Engineering: A Review. *Computers & Education*, 95, 309-327

Rohim, F. (2020). Need Analysis of Virtual Laboratories For Science Education In Jambi, Indonesia. *Jurnal Sains Sosio Humaniora Volume 4 Nomor 2 Desember 2020*.

Sasongko, W.D., Widiastuti, I. (2019). *Virtual Lab for Vocational Education in Indonesia: A Review of the Literature*. Vocational Teacher Education, Postgraduate Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Central Java, Indonesia.

Subramanian, R. ve Marsic, I. (2010). *VIBE: Virtual Biology Experiments*. <http://www.hkwebsym.org.hk/2001/E4-track/vibe.pdf> adresinden 07.07.2022 tarihinde ulaşılmıştır.

Şeker, R., Koç Ünal İ. (2020). Sanal Laboratuvar Uygulamalarının Öğrenci Akademik Başarıları Üzerine Etkisinin İncelenmesi: Elektrik Ünitesi, *Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, Cilt 21, Sayı 1

TDK (2019). <https://sozluk.gov.tr/>

Thompson, J. and Soyibo, K. (2002). Effects of lecture, teacher demonstrations, discussion and practical work on 10th graders' attitudes to chemistry and understanding of electrolysis. *Research in Science & Technological Education*, 20(1), 25-37.

Turgut, M., Ayas, A., Çepni, S., & Johnson, D. (1997). *Kimya öğretimi*. Ankara: YÖK

Urhan, O. (2019). *Fen Eğitimine Yönelik Sanal Gerçeklik Uygulamalarının Etkisinin İncelenmesi*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Anabilim Dalı, İzmir.

Ünlü, E. (2019). *Ortaokul Fen bilimleri öğretmenlerin sanal laboratuvar kullanımının fen öğretiminde uygulanabilirliği hakkındaki görüşleri*. Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı, Mersin.

Variş, F. (1996). *Eğitimde Program Geliştirme*. Ankara: Alkım Kitapçılık.

Velev, D. and Zlateva P.(2017). Virtual Reality Challenges in Education and Training, *International Journal of Learning and Teaching*, 3(1), 33-37

Velev, D. and Zlateva P.(2017). Virtual Reality Challenges in Education and Training, *International Journal of Learning and Teaching*, 3(1), 33-37

Yalçın, A.Y. (2014). *Web Tabanlı Güç Elektroniği Sanal Laboratuvarı*. Fen Bilimleri Enstitüsü, Uludağ Üniversitesi, Bursa

Yang, K., Y. ve Heh, J., S. (2007). The Impact of Internet Virtual Physics Laboratory Instruction on the Achievement in Physics, Science Process Skills and Computer Attitudes of 10th Grade Students , *Journal of Science Education and Technology*, 16, 451–461.

Yavuz, C. (2022). Fen bilimleri öğretmenlerinin fen bilimleri dersinde sanal laboratuvar kullanımına yönelik görüşlerinin incelenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.