


2020 Nükleer Enerjiye Giriş Dersi Öğretim Programı'nın İncelenmesi

A Review on the Curriculum of the Introduction to Nuclear Energy

Course Prepared in 2020

Mustafa Güray Budak, Burak Kağan Temiz

Yazar Bilgileri

Mustafa Güray Budak 
Doç. Dr., Gazi Üniversitesi,
Matematik ve Fen Bilimleri
Eğitimi,
mbudak@gazi.edu.tr

Burak Kağan Temiz 
Prof. Dr., Gazi Üniversitesi,
Matematik ve Fen Bilimleri
Eğitimi,
burakkaganemiz@gazi.edu.tr

ÖZ

Nükleer Enerjiye Giriş, 21.10.2020 tarihinde alınan bir kararla Millî Eğitim Bakanlığı tarafından iş birliği protokolü kapsamına alınan Mesleki ve Teknik Anadolu Liselerinin 11. sınıfında okutulması karara bağlanan bir derstir. Bu çalışma, Nükleer Enerjiye Giriş Dersi Öğretim Programı'nın içerik organizasyonu, kazanımların içeriği ve kapsamı açılarından incelenmesi amacıyla yapılmıştır. İlgili öğretim programında yer alan 39 kazanım, yenilenmiş Bloom taksonomisinin iki boyutlu yapısıyla analiz edilmiştir. Kazanımlar bilgi boyutu bakımından incelendiğinde "üst bilişsel" boyutun yeterince örneklenmediği değerlendirilmiştir. Nükleer enerji konusunda bilimsel okuryazarlığın gelişmesine katkı sağlayacak olması ve bu eğitimi alan öğrenciler sayesinde nükleer santralin kurulacağı bölge çevresinde nükleer güç santrallerine ilişkin farkındalığı artıracak olması programın güçlü yanları arasındadır. İlgili programa ait kazanımların neredeyse tamamının bilişsel alan öğrenmeleri ile ilgili olduğu; programda devinışsel ya da duyuşsal alan öğrenmelerine ilişkin kazanımlara yer verilmediği söylenebilir. Bu haliyle program nükleer enerji ve radyoaktivite konularında teknik beceri kazandırma ve nükleer güç santralleri hakkında olumlu ya da olumsuz bir tutum geliştirilebilmesi için sağlıklı bir altyapının oluşturulması hususlarında yetersiz görünmektedir. Makalenin sonunda kazanımların yazımına ve konuların sıralanışına dair öneriler ile program yapısında devinışsel ve duyuşsal becerilerin artırılmasına dair öneriler sunulmuştur.

Makale Bilgileri

Anahtar Kelimeler
Nükleer enerji
Öğretim programı
Yenilenmiş Bloom Taksonomisi
Program geliştirme

Keywords
Nuclear energy
Curriculum
Revised Bloom's Taxonomy
Curriculum development

Makale Geçmiş
Geliş: 19.10.2022
Düzeltilme: 12.04.2023
Kabul: 03.07.2023

ABSTRACT

Introduction to Nuclear Energy is a course that was decided by the Ministry of National Education to be taught in the 11th grade of Vocational and Technical Anatolian High Schools included in the cooperation protocol with a decision taken on 21.10.2020. This study was carried out in order to examine the Nuclear Energy Introduction Course Curriculum in terms of content organization, content and scope of learning outcomes. In the related curriculum, 39 learning outcomes were analyzed with the two-dimensional structure of the renewed Bloom's taxonomy. It was determined that the "metacognitive" dimension was not adequately sampled. The strengths of the curriculum are that it will contribute to the development of scientific literacy on nuclear energy and that it will raise awareness of nuclear power plants in the region where the nuclear power plant will be established, thanks to the students who receive this training. It can be said that almost all of the learning outcomes of the relevant curriculum are related to the cognitive domain of learning and the curriculum does not include learning outcomes related to psychomotor or affective domains. As such, the curriculum seems insufficient in terms of providing technical skills on nuclear energy and radioactivity and establishing a healthy basis for developing a positive or negative attitude about nuclear power plants. At the end of the article, suggestions on the writing of the outcomes and the ordering of the topics, and suggestions on increasing the psychomotor and affective skills in the curriculum are presented.

Makale Türü

Araştırma

Önerilen Atıf Budak, M. G. & Temiz, B. K. (2023). 2020 Nükleer Enerjiye Giriş Dersi Öğretim Programı'nın incelenmesi. *TEBD*, 21(2), 825-852. <https://doi.org/10.37217/tebd.1191666>

Giriş

Enerji talebinin giderek yükselen hızlarda artıyor olması (Türkiye Elektrik İletim A.Ş. [TEİAŞ], 2022) göz önüne alındığında hâlihazırdaki kaynaklar dışında yeni enerji kaynaklarına ulaşılması ve kaynak çeşitliliğinin artırılması hem talebi karşılayabilmek hem de enerji arzının bugünlerde dünya genelinde artış gösteren siyasi ve sosyal gerilimlerden en düşük düzeyde etkilenmesini sağlamak açısından önemlidir. Nükleer enerji seçeneği, barındırdığı yüksek risklerin getirdiği tartışmaların odağında olmakla beraber, hala uygun bir alternatif olarak güncelliğini korumaktadır. Nitekim İngiltere, Rusya-Ukrayna savaşının başlamasından sonra “Great British Nuclear” adıyla yeni bir nükleer planlama birimi kurmuştur. Bu birimin öncelikli hedefinin devam eden nükleer projeleri hızlandırmak ve enerjide dışa bağımlılığı azaltmak, artan enerji fiyatlarıyla mücadele etmek amacıyla ülkede sekiz yeni nükleer reaktörün inşa edilmesini sağlamak olduğu açıklanmıştır (Department for Business, Energy & Industrial Strategy, 2022). Ülkemizde kurulum çalışmaları devam eden Akkuyu Nükleer Santrali’yle nükleer enerjiden yararlanma yolunda önemli bir adım atılmıştır. Bu çalışma kapsamında incelenen Nükleer Enerjiye Giriş Dersi Öğretim Programı (NEGDÖP), bu santralde istihdam edilmesi planlanan mesleki ve teknik ortaöğretim kurumları öğrencilerine yönelik olarak geliştirilmiş bir programdır.

Millî Eğitim Bakanlığı (MEB), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Akkuyu Nükleer A.Ş. (ANAŞ) ve Titan 2 IC İçtaş İnşaat A.Ş. arasında, 26.06.2020 tarihinde, mesleki eğitim ve iş birliği protokolü imzalanmıştır (MEB, 2022). Bu protokol kapsamında, nükleer santral bölgesindeki mesleki ve teknik liselerin 11. sınıf müfredatına yeni bir ders eklenmesi kararı alınmıştır. Bu dersin nükleer santralin inşası ve montajına yönelik teknik yeterliliğe, mesleki sertifikasyona, nükleer güvenlik ve emniyet kültürüne sahip nitelikli işgücünü yetiştirme amacı taşıyacağı belirtilmiştir. Bu protokol sonrasında “Nükleer Enerji ve Radyasyon Güvenliği” dersi adıyla taslak bir öğretim programı geliştirilerek Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığına (TTKB) sunulmuştur. TTKB tarafından yapılan incelemeler ve MEB ile ETKB arasında yürütülmekte olan görüşmelerin sonucunda dersin adı “Nükleer Enerjiye Giriş” olarak değiştirilmiştir. Nükleer Enerjiye Giriş, 21.10.2020 tarihinde alınan bir kararla, Millî Eğitim Bakanlığı tarafından iş birliği protokolü kapsamına alınan Mesleki ve Teknik Anadolu Liselerinin 11. sınıfında okutulması karara bağlanan bir derstir (Eğitim Bilişim Ağı [EBA], 2020). Söz konusu derse ait öğretim programına “http://meslek.eba.gov.tr/upload/cop11/Nukleer_Enerjiye_Giris.pdf” adresinden ulaşabilmekte olup ders programı Talim ve Terbiye Kurulunun internet sitesinde yer almamaktadır.

Nükleer Enerjiye Giriş dersi, nükleer güç santrallerinde istihdam edilmesi planlanan mesleki ve teknik ortaöğretim kurumları öğrencilerine yönelik olarak geliştirilmiş bir derstir. Dersin ülkemizde kurulum çalışmaları devam eden Akkuyu Nükleer Santrali’nin bulunduğu bölgede; Gülnar, Silifke,

Toroslar, Tarsus, Akdeniz ve Erdemli ilçelerinin bazı Mesleki ve Teknik Anadolu Liselerinde okutulması planlanmıştır. Nükleer fiziğin bilgi birikimi, İkinci Dünya Savaşı sonrasında sivil amaçlarla kullanılmaya başlanmış, nükleer teknolojilerin gelişimi dünyada nükleer enerji santrallerinin yaygınlaşmasını sağlamıştır. Başta Amerika Birleşik Devletleri ve Fransa olmak üzere nükleer enerji kullanımının yaygın olduğu pek çok ülkenin eğitim programında nükleer enerji konusuna yer verilmektedir. Türkiye’de ise ilköğretim düzeyinde duruma bakıldığında bu konuyla ilgili müfredatımızda son derece kısıtlı bilgi verildiği görülmektedir. Lisans ve lisansüstü programlarda ise özellikle fizik ve tıp alanlarında bu konuda yapılan çalışmalara daha sık rastlanılmaktadır (Özdemir ve Çobanoğlu, 2008). Nükleer fizik konuları, ülkemizdeki örgün eğitim kurumlarında 12. sınıf Fizik Dersi Öğretim Programı’ndaki “Radyoaktivite” ünitesinde işlenmektedir. Sadece nükleer fizik konularını işleme amacına yönelik olarak tasarlanan “Nükleer Enerjiye Giriş” dersi ülkemiz için oldukça yeni bir teşebbüstür. “Nükleer Enerjiye Giriş” adıyla bir ders oluşturulması medyada ilgi uyandırmış, çeşitli haberlere konu olmuştur. Nükleer güç santralleri konusunda bilgi ve analiz sunan birçok kaynak olmakla birlikte gerek internet ortamında gerekse yazılı ve görsel medyada, bu santrallerin çalışma prensiplerine, güvenli olup olmadıklarına dair çelişkili görüşler yer almaktadır. Üstelik nükleer enerji hâlihazırda onlarca ülkenin enerji üretim portföyünde yer almasına rağmen, birçok öğretmen adayı nükleer enerji hususunda olumsuz tutumlarını devam ettirmektedir (Ateş, 2013; Ateş ve Saraçoğlu, 2013).

Nükleer enerjiye yönelik olumsuz tutumlar, tarihte yaşanan kazaların izlerini taşımaktadır. 1986’daki Çernobil kazasının uluslararası sonuçları, tüm ülkeler ve her tür nükleer santral için ortak güvenlik ilkelerine duyulan ihtiyacın altını çizmiştir. Bu gereksinim güvenliğin bireysel, sosyal ve kurumsal altyapıları ve edinilmesi gereken alışkanlıklar hakkında referanslar içeren ve bir tür refleks oluşturmayı amaçlayan “Güvenlik kültürü” teriminin doğumuna yol açmıştır (Ege, 2019). Bu kültür, nükleer santralin tasarımı, inşası, devreye alınması, işletilmesi, bakımı, yükseltme ve modifikasyonları, eğitimi, hizmetten çıkarılması ile ilgili herhangi bir süreçte az ya da çok, dolaylı ya da doğrudan görev alan her birey veya kurumun fikir ve davranış sistemine hâkim olması istenen temel değerler bütünüdür.

Nükleer Güvenlik Kültürü terimi ilk kez Çernobil Kazası sonrasında, Uluslararası Atom Enerjisi Ajansına (International Atomic Energy Agency [IAEA]) bağlı çalışan Uluslararası Nükleer Güvenlik Tavsiye Grubu (International Nuclear Safety Advisory Group [INSAG]) tarafından gerçekleştirilen bir değerlendirme toplantısı sırasında kullanılmıştır (IAEA, 1986). Davranışlarımızı, genetiğimiz, ailemizde edindiğimiz görgü ve tecrübelerimiz belirlemekle birlikte içinde yaşadığımız toplumun kültürü de derinden etkilemektedir. Bu etki, bir otomobile bindiğimizde emniyet kemeri takma ve tehlikeli bir iş yaparken iş sağlığı ve güvenliği tedbirleri alma gibi alışkanlıklarımızı da

kapsayan geniş bir tutum ve davranış aralığında izler bırakır. Kurumsal kültür ise sorunlarla karşılaşıldıkça ve öğrendikçe gelişen ortak kabullerdir. Nükleer Güvenlik Kültürü, bir kuruluşun liderleri ve bireyleri tarafından ortaklaşa olarak nükleer güvenliği her şeyden önce ilk sıraya yerleştirmeyi taahhüt eden ana değer ve davranış biçimidir (Ege, 2019). Nükleer güvenliği sağlamak, güvenliği birinci derecede yüksek öncelikli süreç olarak tutma zorunluluğundan kimse muaf tutulmaksızın; nükleer santralde çalışan herkesin ortak sorumluluğundadır (World Association of Nuclear Operators [WANO], 2013). Nükleer güvenlik, sorgulayıcı tutum, disiplinli bir yaklaşım ve çalışanlar arasında kesintisiz bir iletişim ile sağlanabilir. INSAG tarafından hazırlanan INSAG-3 raporunda, bir çalışanın, bir görev ya da davranışa kalkışmadan önce, nükleer güvenliği etkileyebileceği mülahazasıyla kendisine sorması gereken tipik sorulardan yararlanılmıştır. Bir kontrol listesi gibi düşünülebilecek bu sorular;

- Görevi anladım mı?
- Sorumluluklarım neler?
- Sorumluluklarımın güvenlikle ilgisi nedir?
- Bu işe girişmek için gerekli bilgiye sahip miyim?
- Diğerlerinin sorumlulukları neler?
- Sıra dışı bir durum var mı?
- Yardıma ihtiyacım var mı?
- Kötü gidebilecek şeyler nelerdir?
- Arıza ya da hatanın sonuçları neler olabilir?
- Hataları önlemek için neler yapılabilir?
- Bir sorun olursa ne yaparım?

olarak sıralanmaktadır (IAEA, 1988). IAEA bünyesinde görev yapan INSAG raporlarında, Çernobil kazasına, Sovyetler Birliği'ndeki düzenleyici ve işletmeciler kuruluşlar genelinde nükleer güvenlik kültürü eksikliklerinin neden olduğu ifade edilmiştir (IAEA, 1992). Dolayısıyla nükleer enerji konusundaki herhangi bir ders programı, güvenlik kültürü perspektifinde ele alınarak incelenmelidir.

Bilimsel okur-yazarlığın bir işareti olması ve öğrencilerin bilişsel, duyuşsal ve sosyal gelişimlerine destek olması sebebiyle sosyo-bilimsel konuların öğretim programlarına katılması önem arz etmektedir (Dawson ve Venville, 2009). Sosyo-bilimsel konular, kişisel olarak ya da sosyal anlamda tercih yapmayı ve fikir önermeyi gerektiren; sosyal ve politik yönden yerel ve genel boyutlar içermeleri nedeniyle çoğunlukla kesin bir cevabı olmayan konular olarak tanımlanmaktadır (Ratcliffe ve Grace, 2003; Sadler, 2004). Öğrencilerin bilgi düzeyinin üzerinde kazanımlar elde edebilmeleri adına, insanlığın iyiliği ve güvenliği göz önüne alınarak, kötü yapılandırılmış süreçlerden

kaynaklanan sorunları çözebilmelerini sağlama amacıyla sosyobilimsel karar verme süreçlerini geliştirmek bilim eğitimi vizyonunun önemli bir parçası haline gelmiştir (Lee, Chang, Choi, Kim ve Zeidler, 2012). Nükleer enerji konusunda bir ders planı ya da öğretim programı değerlendirilirken; sosyo-bilimsel konuları ve kazanımları içerip içermediği de tartışılmalıdır.

“Hangi amaçlar için, nasıl insanlar yetiştirileceği” sorusu, program geliştirme süreçlerinin temel sorusu ve eğitim felsefesi alanının temel inceleme sorularından biri olmuştur (Dedeoğlu ve Polat, 2021). Son yıllarda gelişen teknoloji sayesinde, nasıl yaşadığımız, nasıl çalıştığımız, oyunlarımız ve öğrenme alışkanlıklarımız belirgin dönüşümler geçirmiştir (Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü [OECD], 2010). 2008 yılında OECD bünyesinde Cisco, Intel ve Microsoft gibi kuruluşların destekleriyle, dünya çapında, sınıflarda 21. yüzyıl öğretim ve öğreniminin başarısını ölçmek için yeni yaklaşımlar, yöntemler ve teknolojiler araştırmak ve geliştirmek amacıyla “21. Yüzyıl Becerilerinin Değerlendirilmesi ve Öğretilmesi” (ATC21S) projesi başlatılmıştır. Bu proje (ATC21S), 21. yüzyıl becerilerini tanımlamaya ve bunları ölçmenin yollarını geliştirmeye odaklanmıştır. Bu anlayışla geliştirilen öğretim programları, öğrencileri 21. yüzyıl istihdamına hazırlayacak iş birliği ve dijital okuryazarlık gibi becerileri içerecek vizyona sahip olmalıdır. Öğretim programlarında yer bulan bilgi ve beceri kazandırma amacı somut ve kolay ölçülebilir bir hedef olsa da öğretim programları 21. yüzyıl öğrenimi için daha derin ve soyut kazanımlar içermelidir. 21. yüzyıl okuryazarlığı, sadece okumayı öğrenmekten ziyade, öğrenmek için okumak ve bilgiyi tanımlama, anlama, yorumlama, oluşturma ve iletme kapasitesini ve motivasyonunu geliştirmekle ilgilidir (Schleicher, 2022). Sözü geçen proje içeriğinde, sözlü ve yazılı iletişim kurabilme, kritik düşünme, takım çalışması ve iş birliği yapabilme, liderlik, yaratıcılık, yaşam boyu öğrenme, etik ve sosyal sorumluluk hissetme becerileri, başlıca 21. yüzyıl iletişim becerileri olarak önerilmektedir (Fadel, 2008). Öğretim programı değerlendirilirken bu becerilerin de dikkate alınması gerekmektedir.

Nükleer Enerjiye Giriş dersi çeşitli medya organlarında haberlere konu edilse de bu dersin öğretim programının içerik, kapsam ya da diğer bir ölçüte göre incelendiği akademik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Öğretim programları, ülkenin eğitim politikası doğrultusunda insanları yetiştirmek adına geliştirilmiş bir kılavuz niteliğindedir. Belirli bir amaçla hazırlanan programların içerik, kazanımlar, eğitim durumları ve ölçme-değerlendirme faaliyetleri bakımından incelenmesi; mevcut durumu tespit, geçmişle kıyaslar yapabileme ve geleceğe yön verme adına alanyazına önemli katkılar sağlamaktadır (Yaz ve Kurnaz, 2017). Bu çalışma, NEGDÖP’ün içerik, kapsam ve program geliştirme ilkeleri açısından incelenmesi amacıyla yapılmış ve bu incelemelerin kapsamı aşağıdaki alt problemlerle sınırlandırılmıştır. Buna göre araştırmada aşağıdaki araştırma sorularına cevap aranmıştır:

1. NEGDÖP’ün içerik organizasyonu nasıldır?

2. NEGDÖP'te yer alan kazanımlar, yenilenen Bloom taksonomisine göre nasıl bir dağılım göstermektedir?
3. NEGDÖP'ün içeriği ve kapsamı yeterli midir?
4. NEGDÖP'te yer alan kazanımlar, nükleer güvenlik kültürü geliştirme bakımından yeterli midir?

sorularına cevaplar aranacaktır.

Bu çalışmanın amacı Nükleer Enerjiye Giriş Öğretim Programı'nın içeriği ve kapsamı bakımından incelenmesi, farklı ülkelerde yürütülen benzer içerikli derslere ait ders planları ile karşılaştırılarak güçlü ve zayıf yönlerinin ortaya konulmasıdır.

Yöntem

Araştırmanın Deseni

Bu çalışma, nitel araştırma yöntemlerinden biri olan doküman analizi tekniği kullanılarak yapılmıştır. Doküman incelemesi, araştırılması amaçlanan olgu veya olgular hakkında yazılı bilgi kaynaklarının analiz edilmesidir (Yıldırım ve Şimşek, 2018). Bu çalışmada NEGDÖP doküman analizi metodu ile hem yenilenmiş Bloom taksonomisine göre hem de bilimsel içeriğin organizasyonu açısından incelenmiştir.

Araştırmanın Veri Kaynağı

Araştırmanın veri kaynağı Milli Eğitim Bakanlığının 2020 yılında yayınlamış olduğu Nükleer Enerjiye Giriş Dersi Öğretim Programı'dır. Programda yer alan kazanımların yenilenen Bloom taksonomisine göre nasıl bir dağılım gösterdiğini belirlemek amacıyla konu ile ilgili yazılmış çeşitli kaynaklardan yararlanılmıştır.

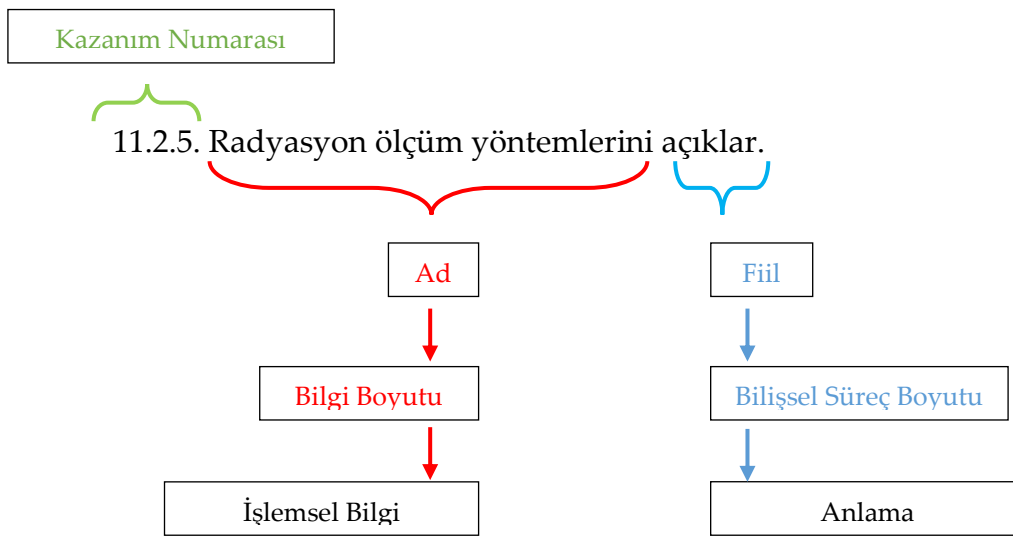
Verilerin Analizi

Araştırmanın birinci alt problemi olan "NEGDÖP'ün içerik organizasyonu nasıldır?" sorusuna; program kitabında yer alan bölümlerin incelenmesiyle cevap aranmıştır. Program kitabının bölümleri incelenerek; programın felsefesi, yapısı, uygulaması, kazanımları, kazanım açıklamaları, ölçme ve değerlendirme yaklaşımı, ders kitabı yazarlarına öneriler, üniteler ve konular, üniteler için ayrılan süreler belirlenmiştir.

Ortaöğretim kurumlarında okutulan fen bilimleri (Fizik, Kimya ve Biyoloji) derslerinin güncel öğretim program kitapları incelendiğinde, tümünün aynı yapıda yazıldığı görülmektedir. Bu derslerin öğretim program kitapları; "Millî Eğitim Bakanlığı Öğretim Programları", "Dersin Öğretim Programı'nın Uygulanması" ve "Dersin Öğretim Programı'nın Yapısı" başlıklarını içeren üç ana bölümden oluşmaktadır. Nükleer Enerjiye Giriş dersinin öğretim programının da diğer fen bilimleri dersleriyle aynı şablon kullanılarak hazırlandığı tespit edilmiştir. Programda yer alan bölümler

incelenirken, özellikle giriş ve programın uygulanması bölümlerinde, Nükleer enerji alanına özgü farklılıkların dikkate alınıp alınmadığı irdelenmiştir.

Araştırmanın ikinci alt problemi olan “NEGDÖP’te yer alan kazanımlar, yenilenen Bloom taksonomisine göre nasıl bir dağılım göstermektedir?” sorusuna cevap ararken; program kitabında yer alan tüm kazanımlar yenilenen Bloom taksonomisinin iki boyutlu yapısıyla analiz edilmiştir. Bu analiz yapılırken, Bümen (2010) tarafından önerilen, her bir kazanım ifadesinde yer alan fiillerin ve bu fiillerin bağlı olduğu adların belirlenmesi yöntemi temel alınmıştır. Belirlenen fiiller kazanımların bilişsel süreç boyutunu, fiillerin bağlı olduğu adlar ise bilgi boyutunu analiz etmede kullanılmıştır. Örnek bir kazanımın nasıl analiz edildiği Şekil 1’de açıklanmıştır.



Şekil 1. Örnek bir kazanımın taksonomiye göre iki boyutlu analizi

Her bir kazanım Şekil 1’de verilen analiz yöntemiyle iki farklı kodlayıcı (uzmanlık alanları fizik eğitimi ve nükleer fizik olan iki akademisyen) tarafından bilgi ve bilişsel süreç boyutlarını içeren iki eksenle incelenmiştir. Kodlayıcıların aynı kazanım için verdikleri kararlar, Cohen Kappa testi yapılarak karşılaştırılmış ve uyuşma oranları belirlenmiştir. Buna göre kodlayıcılar arası uyuşma oranları (Kappa değerleri); bilgi boyutu için 0,819 bilişsel süreç boyutu için ise 1,00 olarak bulunmuştur. Öğretim programında yer alan nükleer fizik konularının içerik analizi (bilimsel uygunluk, içerik organizasyonu ve eksik yönler bakımından) bir nükleer fizik alan uzmanı tarafından yapılmıştır.

Araştırmanın üçüncü alt problemi olan, “NEGDÖP’ün içeriği ve kapsamı yeterli midir?” sorusuna cevap aranırken; alanda yaygın kullanılan nükleer fizik ders kitaplarının (Martin, 2013; Maxwell, 2011; Muray ve Holbert, 2015) içerikleri ile nükleer fizik konularını içeren ders planı örneklerinden (American Nuclear Society [ANS], 2022a, 2022b, 2022c; Canadian Nuclear Association, 2022; Massachusetts Institute of Technology [MIT] Open Course Software, 2016; University of New

South Wales [UNSW], 2019) yararlanılmıştır. Herhangi bir ülkenin eğitim programında, lise düzeyinde, incelediğimiz programla örtüşen hedeflere sahip olan bir programa rastlanmamıştır. Amerika Birleşik Devletleri'nde, nükleer bilimin tüm yönlerine yerel, bölgesel, ulusal ve uluslararası ilgiyi odaklamak amacıyla Nükleer Bilim Haftası (NSW) düzenlenmektedir. Her yıl ekim ayının üçüncü haftasında düzenlenen etkinliklerle öğrencilerin nükleer bilimi keşfederek sağlayabilecekleri katkılar, yenilikler ve fırsatlar hakkında bilgi edinmeleri sağlanmaktadır. Etkinliğin web sitesinde (Nuclear Science Week, 2023), hafta boyunca eğitimcilerin, öğrencilerin, işverenlerin ve kurumların, nükleer bilimin Amerikalıların ve diğer ülke vatandaşlarının yaşamlarında nasıl hayati bir rol oynadığına dair tecrübe ve kazanımlar edindikleri belirtilmektedir. İlgili web sitesinde ilk ve orta dereceli okullar düzeyinde ders planları, etkinlikler, örnek ders materyalleri ve ölçme araçlarına ulaşılabilmektedir. Kanada öğretim programında, ülkemizde önerildiği gibi bir "Nükleer Enerjiye Giriş" adı altında bir ders yer almasa da fizik ve bilim dersleri içinde nükleer enerji ve reaktörlerin çalışma prensiplerine dair konuların işlenebilmesi için "Kanada Nükleer Derneği" tarafından (7, 8, 9, 10, 11 ve 12. sınıflar için) ders planları hazırlanmış ve öğretmenlerin erişimine açılmıştır. NEGDÖP içerik ve kapsamının yeterliliği incelenirken; bu ders planları ve Sydney Üniversitesinde önlisans düzeyinde yürütülen "Nükleer Enerjiye Giriş" dersi müfredat programı ölçüt alınmıştır. Ayrıca program konu sıralaması bakımından lisans düzeyinde okutulan ders kitapları dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu kaynaklar, bir nükleer fizik dersi içeriğinin hangi konulardan oluşturulması gerektiği ve bu konuların hangi hiyerarşik sıra ile işlenmesi gerektiği konusunda genel ölçütler belirlenmesini sağlamıştır. İlgili sıralamalar birbirinin ön şartı olan konu ve kavramların yatay ve dikey hiyerarşiler göz önünde bulundurularak işlenmesi konusunda bir ölçüt kabul edilmiştir. NEGDÖP'ün içeriği bilişsel alanın yanı sıra duyuşsal ve devinişsel alanlara hitap eden tutum ve değerler, beceriler bakımından da incelenerek programın girişinde yer alan "Millî Eğitim Bakanlığı Öğretim Programları" başlıklı bölümdeki genel amaçları karşılayıp karşılamadığı da tartışılmıştır. Bu genel amaçlar doğrultusunda NEGDÖP'ün içeriğinde; bilimsel sorgulamanın doğasını anlama, bilimsel süreç becerilerini kullanarak bilgi üretme, bilimsel bilgiyi paylaşma, etik ve sosyal etkilerini değerlendirerek bilimsel dayanakları olan kararlar verme gibi üst düzey kazanımların var olup olmadığı araştırılmıştır.

Araştırmanın dördüncü alt problemi olan, "NEGDÖP'te yer alan kazanımlar, güvenlik kültürünü geliştirme bakımından yeterli midir?" sorusuna cevap aranırken; Uluslararası Nükleer Güvenlik Tavsiye Grubu tarafından hazırlanan raporlar dikkate alınmıştır. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı'na (IAEA) göre, nükleer güvenlik kültürünün geliştirilmesine yönelik bir eğitim programının üç ana amacı olmalıdır. Bunlar;

(A) Nükleer güvenlik rejiminin etkinliğini sürekli iyileştirmek;

- (B) Nükleer güvenlik için kişisel sorumluluk almanın önemini vurgulamak;
- (C) Etkili nükleer güvenliği ve nükleer güvenlik için kişisel sorumluluğu destekleyen tutum ve davranışları teşvik etmek, oluşturmak ve sürdürmek (IAEA, 2021).

Bulgular

Çalışmanın 1. alt probleminde “NEGDÖP’ün içerik organizasyonu nasıl hazırlanmıştır?” sorusuna cevap aranmıştır. Program kitapçığı; Millî Eğitim Bakanlığı Öğretim Programları, NEGDÖP’ün uygulanması, NEGDÖP’ün yapısı adlı üç bölümden oluşmaktadır.

Programın 1. bölümünde Millî Eğitim Bakanlığı öğretim programlarının perspektifi anlatılırken, eğitim sistemimizin yetkinliklerde bütünleşmiş bilgi, beceri ve davranışlara sahip bireyler yetiştirmeyi amaçladığı belirtilmiştir. Bilim ve teknolojiye sahip bireylerin, insan etkinliklerinden kaynaklanan değişimleri ve her bireyin vatandaş olarak sorumluluklarını kavrama gücünü kapsadığı ifadesi yer almaktadır. Ayrıca “öğrenmeyi öğrenme” başlığı ile özetlenen yetkinlik, bireyin kendi öğrenme eylemini etkili zaman ve bilgi yönetimini de kapsayacak şekilde bireysel olarak veya grup halinde düzenleyebilmesi için öğrenmenin peşine düşmesi ve bu konuda ısrarcı olması olarak tanımlanmıştır.

“Millî Eğitim Bakanlığı Öğretim Programları” başlıklı sunuş bölümünde, nükleer enerjiden bağımsız olarak Milli Eğitim Sistemi öğretim programlarının genel vizyonu ortaya konulmuştur. Bu bölümde Türk Milli Eğitiminin Temel İlkeleri, öğretim programlarının perspektifi, değerlerimiz, Türkiye Yeterlilikleri Çerçevesinde (TYÇ) belirlenen sekiz anahtar yetkinlik, öğretim programlarında kullanılacak ölçme ve değerlendirme yaklaşımı, öğretim programlarında bireysel gelişim özelliklerinin nasıl dikkate alındığını ifade eden alt başlıklar yer almaktadır. Bu bölümde Nükleer Enerji dersinin doğasına özgü herhangi bir atıf yer almamakta, öğretim programlarının amaçlarıyla ilgili genel bir çerçeve çizilmektedir. Öğretim programının salt bilgi aktaran bir yapıdan ziyade değer ve beceri kazandırmayı hedefleyen bir yapıda hazırlandığı belirtilmektedir.

Programın uygulanmasına dair esasların belirtildiği 2. bölümde; nükleer güç santrallerinin avantajları çevre, ekonomi, bilim ve teknoloji, sanayi gibi alanlarla ilişkilendirilerek sıralanmıştır. Ayrıca bu bölümde programın ülkemizde kurulması planlanan nükleer güç santralinde istihdam edilecek personel için gerekli üst düzey bilişsel düşünme becerilerine yönelik kazanımlar içerdiği vurgulanmıştır. Programın uygulanmasında; öğrenmenin kalıcılığını artırmak için konuların hayatla ilişkilendirilmesi, dersin gerektirdiği bilgi, beceri, değer ve tutumları öğrencilerine kazandırırken sadece ders kitaplarına bağlı kalınmaması, gerektiğinde okul dışı etkinliklerin de kullanılması gerektiği, öğrenme faaliyetlerinin düzenlenmesinde bireysel farklılıkların da dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır.

“NEGDÖP’ün Yapısı” başlıklı üçüncü bölümde ise, bu dersin 11. sınıfta okutulması planlanan ve altı ünite içeren bir öğretim programı olduğu anlaşılmaktadır. Bu üniteler:

1. Dünyada ve Türkiye’de Nükleer Enerjinin Rolü ve Yeri
2. Atom, Radyasyon ve Radyoaktivite
3. Nükleer Güç Santralleri
4. Nükleer Güvenlik
5. Nükleer Yakıt Çevrimi
6. Radyasyonun Uygulama Alanları

biçiminde sıralanmıştır.

“Dünyada ve Türkiye’de Nükleer Enerjinin Rolü ve Yeri” başlıklı birinci üniteye nükleer güç santrallerinin tarihsel gelişimi, nükleer enerji ile ilgili ulusal ve uluslararası kurum ve kuruluşların görevleri, Türkiye’nin bu alandaki girişim ve iş birliklerinin değerlendirilmesine yönelik kazanımlar yer almaktadır. Yine bu ünite kapsamında diğer ülkelerde yer alan nükleer güç santrali sayılarının ve nükleer enerjinin enerji üretimindeki payının analiz edilmesi amaçlanmaktadır.

“Atom, Radyasyon ve Radyoaktivite” başlıklı ikinci üniteye, temel atom bilgisi, radyoaktivite, radyasyon ölçüm yöntemleri ve doz birimleri, radyasyonun biyolojik etkileri ve radyasyondan korunma sistemlerine dair kazanımlar sıralanmıştır.

“Nükleer Güç Santralleri” başlıklı üçüncü ünite, santrallerin bileşenleri ve çalışma prensipleri hakkındaki kazanımları içermektedir.

“Nükleer Güvenlik” başlıklı dördüncü üniteye, nükleer güvenlik prensipleri, soğutma sistemleri, fiziksel emniyet prensipleri, santrallerde yaşanan kazalar ve kullanılan acil eylem planları hakkında bilgi edinilmesine dair kazanımlara yer verilmiştir.

“Nükleer Yakıt Çevrimi” ünitesi kapsamında nükleer yakıt çevriminin aşamaları ve yakıt çeşitlerine ilişkin bilgilerin kazandırılması amaçlanmıştır. Yakıtların işlenmesi, depolanması, taşınması ve radyoaktif atık yönetimine dair ulusal ve uluslararası mevzuata değinilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca ünitenin sonunda (Kazanım: 11.5.3), araştırma amaçlı olarak kullanılabilen radyoaktif malzemeler hakkında bilgi verilmesi; sağlık ve endüstri gibi alanlarda kullanılan radyoaktif malzemelerin tanıtılması planlanmıştır.

“Radyasyonun Uygulama Alanları” başlıklı altıncı üniteye, radyasyonun sağlık alanında teşhis ve tedavi amaçlı olarak kullanılan uygulamalarının tanıtılması; endüstri, gıda sektörü, tarım, hayvancılık alanlarındaki ölçüm, izleme, kalite kontrol ve sterilizasyon hedefli kullanımına dair uygulamalara ait teknik bilgilerin sunulması planlanmıştır.

NEGDÖP'te yer alan bu altı ünite toplam 39 kazanım içermektedir. Kazanımların işlenişleri için önerilen ders süreleri ve kazanımların ağırlık oranları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kazanımların Ünitelere Göre Dağılımları

Ünite Adı	Kazanım Sayısı	Önerilen Süre/Ders Saati	Oran (%)
1. Dünyada ve Türkiye'de Nükleer Enerjinin Rolü ve Yeri	9	14	20
2. Atom, Radyasyon ve Radyoaktivite	10	16	22
3. Nükleer Güç Santralleri	4	12	17
4. Nükleer Güvenlik	9	16	22
5. Nükleer Yakıt Çevrimi	3	6	8
6. Radyasyonun Uygulama Alanları	4	8	11
Toplam	39	72	100

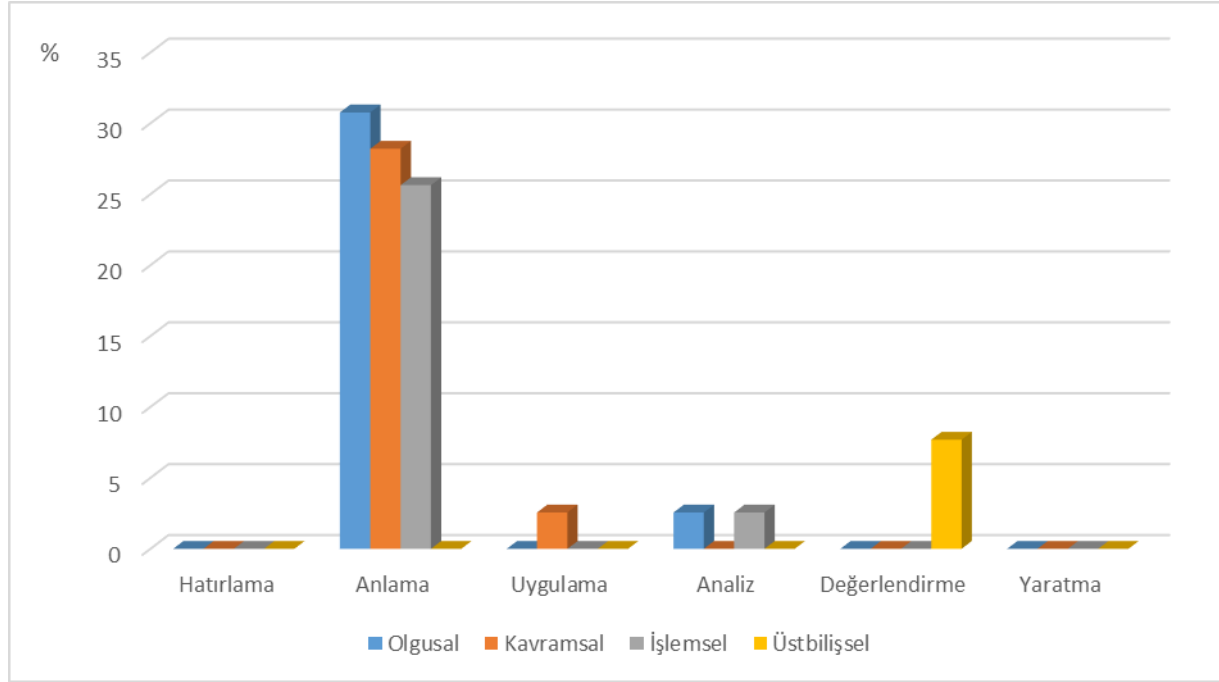
Tablo 1'de kazanım sayıları incelendiğinde, Nükleer Enerjiye Giriş dersinin vizyonuyla uyumlu bir dağılım gösterdiği söylenebilir. Dersin büyük bir kısmını, Dünyada ve Türkiye'de nükleer enerjinin rolü ve yeri, atom, radyasyon ve radyoaktivite konuları ile nükleer güvenlik konuları oluşturmaktadır.

Tablo 2. Kazanımların Yenilenmiş Bloom Taksonomisine Göre Dağılımı

	Bilişsel Süreç Boyutu					
	Hatırlama	Anlama	Uygulama	Analiz	Değerlendirme	Yaratma
Olgusal	11.1.2	11.2.6				
	11.1.3	11.2.9				
	11.1.4	11.3.2		11.1.8		
	11.2.1	11.4.3				
	11.2.3	11.5.1				
	11.2.4	11.5.3				
Kavramsal	11.1.1	11.4.4				
	11.2.2	11.4.5				
	11.3.1	11.4.6	11.2.7			
	11.3.3	11.4.9				
	11.3.4	11.5.2				
	11.4.1					
İşlemsel	11.2.5	11.7.8				
	11.2.8	11.6.1				
	11.2.10	11.6.2		11.1.7		
	11.4.2	11.6.3				
	11.4.7	11.6.4				
Üst Bilişsel					11.1.5	
					11.1.6	
					11.1.9	

Çalışmanın ikinci alt probleminde "NEGDÖP'te yer alan kazanımlar, yenilenen Bloom taksonomisine göre nasıl bir dağılım göstermektedir?" sorusuna cevap aranmıştır. Programda yer alan 39 kazanım Şekil 1'de örneği verilen yöntemle, iki farklı kodlayıcı tarafından bilgi ve bilişsel süreç boyutlarını içeren iki eksende incelenmiştir. Bu incelemeler karşılaştırılarak fikir birliğine varıldığında, Tablo 2'de verilen bulgular elde edilmiştir.

Tablo 2’de sunulan bulgular incelendiğinde NEGDÖP’te yer alan 39 kazanımın özellikle bilişsel süreç boyutunda dengesiz bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Kazanımların büyük bir kısmı bilişsel alanın “anlama” basamağında yer almaktadır. Kazanımlar bilgi boyutu bakımından incelendiğinde “üst bilişsel” boyutun yeterince örneklenmediği söylenebilir. Kazanımların dengesiz dağılımı Şekil 1’de verilen grafiklerde de görülmektedir.



Şekil 2. Kazanımların bilişsel süreç ve bilgi boyutlarına göre dağılım yüzdeleri grafiği

Çalışmanın üçüncü alt probleminde “NEGDÖP’ün içeriği ve kapsamı yeterli midir?” sorusuna cevap aranmıştır. Programın “NEGDÖP’ün yapısı” başlığı altındaki bölümde yer alan kazanımlar incelendiğinde, genel perspektif ve konu sıralaması açılarından program hazırlayıcıları tarafından “Öğretim Programın Temel Felsefesi ve Genel Amaçları” başlığı altında sunulan ilkeleri karşılama hususunda eksikleri bulunan bir kurgu göze çarpmaktadır. Programın ikinci ünitesinde yer bulan 11.2.3 numaralı “Radyoaktiviteyi açıklar.” kazanımının açıklamasında “Radyoaktivite kavramı ve terimleri grafikler ve örnekler ile açıklanır.” ifadeleri yer almaktadır. Fakat gerek bu kazanım gerekse diğer başlıklar altında radyoaktif bozunma kanununa ait matematiksel modelin anlatılıp anlatılmayacağı belirtilmemektedir. Yine tüm ünite göz önüne alındığında, radyoaktif süreçler sonunda ortaya çıkabilen enerjiye temel teşkil eden madde-enerji eşdeğerliğine ya da bağlanma enerjisine hiçbir atıf yapılmadığı ve bu kavramları vurgulayan kazanımlara yer verilmediği görülmektedir. Aynı ünite kapsamında Geiger-Müller sayacı gibi radyasyon ölçüm cihazlarına ve radyasyondan korunma sistemlerine değinilmesine yönelik kazanımlar yer alsa da hazırlanan programda direkt veya dolaylı olarak radyoaktif ışımaya maruz kalan bir malzemenin veya canlı dokunun ne kadar ışımaya maruz kaldığını ölçmesine imkân veren dozimetrelere ilişkin bir kazanım

yer almamaktadır. Ayrıca radyasyon durdurucu elementlerin tanıtılmasına ilişkin kazanımlar olsa da bir çalışanın kullanmak durumunda kalabileceği asıl ekipmanlar olan mobil/sabit koruyucu paravan, kurşun saçaklı perde, kurşun eşdeğerli cam, kurşunlu enjektör, domuz (kurşunlu taşıma kabı), maşa gibi ekipmanlar ve kurşun önlük, tiroit ve gonad (üreme hücreleri) koruyucu, kurşun eşdeğerli camdan yapılmış gözlük gibi kıyafetler, kurşun-antimon-bizmut bazlı kompozit veya parafin içeren eldivenler ve baş koruyucuların tanıtılmasına, kullanılma ilkelerine ilişkin herhangi bir kazanıma yer verilmediği görülmektedir. Programın “Nükleer Enerjiye Giriş” dersi için hazırlanmasına ve nükleer enerji santralleri ile elektrik enerjisi üretiminin temelinde fisyon olayının yer almasına rağmen, radyasyon ve radyoaktivite başlıkları hususundaki kazanımlarını içeren 2. ünite, nükleer fisyonun ne olduğuna, uranyumun fisyon tepkimesine girerek bölünmesi sürecine dair hiçbir kazanım veya açıklamaya yer verilmemiştir.

Üçüncü ünitenin konu ve kazanım sıralamasında bir düzensizlik olduğu söylenebilir. Örneğin 11.3.1 kazanımına dair açıklamanın “a” maddesinde “Nükleer güç santrallerinin çalışma prensipleri açıklanır” ifadesi yer alırken; “b” maddesinde, henüz örnek bir santral tipi üzerinde bir santralin ana ve yardımcı bileşenleri ve görevleri açıklanmadan (11.3.2. kazanımı), Akkuyu Nükleer Güç Santrali’ndeki VVER-1200 reaktör modelinin çalışma prensibinin gösterilmesi planlanmıştır. Bununla birlikte VVER-1200 reaktör modelinin ana bileşenlerinin açıklanması daha sonraki kazanımda yer almaktadır. Reaktör nesillerinin ve teknolojilerinin gelişiminde nükleer kazalar ve kazalardan sonra geliştirilen güvenlik uygulamaları önemlidir. NEGDÖP’te, reaktör nesillerinin gelişimine dair açıklamaların 11.3.3 numaralı kazanım dâhilinde yapılması planlanırken, santrallerde gerçekleşen kazaların ana nedenlerinin açıklanması 11.4.8. numaralı kazanıma, kazalar sonrasında nükleer enerji teknolojisinde gerçekleştirilen değişimler 11.4.9 numaralı kazanıma bırakılmıştır.

11.4.5. numaralı “Nükleer tesis güvenliğini açıklar.” kazanımının açıklamasına göre radyasyon bölgesinin ve çalışan personelin doz limitlerinin açıklanması planlanmıştır. Doz birimlerinin açıklanması ise 2. ünite, 11.2.4. kazanımında yer almaktadır. Ancak ilgili kazanımlara ait açıklamalarda dozimetre türlerine ve doz ölçümünün temel prensiplerine dair bilgi sunulup sunulmayacağı açık değildir. Geliştirilen programın temel felsefesi ve genel amaçları anlatılırken mezunların Akkuyu Nükleer Güç Santrali’nde istihdam edilmesinin amaçlandığı vurgulanmakla birlikte, önerilen program ne santralin çalışma süreçleri ne de güvenlik esasları hususunda teknik beceriye yer vermemiştir. Haftada iki saatlik ders ile santralde istihdam edilecek personele teknik beceri kazandırmak mümkün görünmese de öğrencilere nükleer güvenlik, aktivite ve doz hesapları hususunda bilimsel okur-yazarlık kazandırılabilir. Ayrıca nükleer enerji alanında faaliyet gösteren tüm uluslararası kuruluşların önem verdiği “Nükleer Güvenlik Kültürü” kavramı ya da ilkeleri hazırlanan programın ilgi alanı dışında tutulmuştur. Programın genel kurgusu incelendiğinde beşinci

ünitenin son kazanımının, “Radyasyonun Uygulama Alanları” başlıklı altıncı ünitenin girişine kaydırılmasının daha uygun olacağı görülmektedir.

Araştırmanın dördüncü alt problemi olan, “NEGDÖP’te yer alan kazanımlar, “Nükleer Güvenlik Kültürü” geliştirme bakımından yeterli midir?” sorusuna cevap aranmıştır. Programda yer alan 11.4. Nükleer Güvenlik ünitesinin ilk üç kazanımında, acil durum soğutma sistemleri ve dış koruma kabı gibi yapısal güvenlik donanımlarının açıklanmasının hedeflendiği görülmektedir. 11.4.4. ve 11.4.5. numaralı kazanımlarda tesis ve çevre güvenliği ilkelerinin ve kademelerinin açıklanması hedeflenmiştir. 11.4.6. kazanımında fiziksel emniyet prensiplerine ilişkin mevzuata, 11.4.7 kazanımında acil eylem planlarına, 11.4.8 ve 11.4.9 numaralı kazanımlarda ise sırasıyla nükleer güç santrallerinde yaşanan kazaların oluş süreçleri, etkileri ve kazalar sonrasında nükleer güç teknolojisinde kaydedilen gelişmelere ve iyileştirmelere değinilmesi planlanmaktadır. Bahsi geçen yapısal tedbirlerin “Derinliğine Savunma” ilkesinin gerektirdiği “yedeklilik”, “çeşitlilik” ve “güvenilirlik” prensiplerinin anlaşılmasına katkı sağlayacağı değerlendirilebilir. Ayrıca bu kazanımlar çerçevesinde aktif (reaktör operatörü tarafından devreye sokulan sistemler) ve pasif (kendiliğinden devreye giren sistemler) güvenlik sistemleri tanıtılması mümkündür. Bununla birlikte, programda yer alan kazanımların açıklamalarında güvenlik analizlerine ait simülasyonlara, tüm olası risklerin detaylıca tanımlandığı olasılıklı güvenlik değerlendirmelerine vurgu yapılması önemlidir.

Tartışma

NEGDÖP’te yer alan kazanımlar, yenilenen Bloom taksonomisine göre incelendiğinde programda yer alan kazanımların özellikle bilişsel süreç boyutunda dengesiz bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Bu dengesizliğin nedeni program yapımcılarının kazanımları yazarken sıklıkla (39 kazanımın 31’inde) “açıklar” fiilini kullanmalarıdır. “Açıklar” fiili genellikle yenilenen Bloom taksonomisinin bilişsel boyutunun “anlama” boyutunda yer almaktadır. Öğretim programının girişinde yer alan “Yetkinlikler” başlığı altında verilen sekiz anahtar yetkinlikten oluşan TYÇ daha üst basamaklarda hazırlanmış kazanımlar gerektirmektedir. Örneğin TYÇ’de yer alan “Matematiksel yetkinlik ve bilim/teknolojide temel yetkinlikler” başlıklı 3. anahtar yetkinlik, hayatta karşılaşılan bir dizi problemi çözmek için matematiksel düşünme tarzını geliştirme ve uygulamayı içeren mantıksal ve uzamsal düşünme ile matematiksel modelleri farklı derecelerde kullanma becerilerini içermektedir. Yine bu yetkinlik, bilimde soruları tanımlamak ve kanıta dayalı sonuçlar üretmek amacıyla doğal dünyanın açıklanmasına yönelik bilgi varlığına ve metodolojiden yararlanma beceri ve arzusuna atıfta bulunmaktadır. “5. anahtar yetkinlik; Öğrenmeyi öğrenme” ise bireyin kendi öğrenme eylemini etkili zaman ve bilgi yönetimini de kapsayacak şekilde bireysel olarak veya grup halinde düzenleyebilmesi için öğrenmenin peşine düşme ve bu konuda ısrarcı olması yetkinliğidir. Bu yetkinliklerin içerikleri incelendiğinde programda yer alan kazanımların bu yetkinlikleri karşılamadığı görülmektedir. Sadece

“açıklar” fiili ile biten ve büyük bir kısmı taksonominin alt basamaklarında yer alan bu kazanım grubu ile TYÇ’de tarif edilen bireylerin yetiştirilmesi mümkün görülmemektedir.

Nükleer enerji santrallerinde elektrik enerjisi üretimi, temelde nükleer fisyonla elde edilen enerji ile sağlanmaktadır. Buna rağmen NEGDÖP içeriğinin, nükleer fisyon olgusuna dair bir kazanım içermemesi ilginçtir. Ayrıca fisyon ürünleri radyoaktif çekirdekler içerdiğinden, bu ürünlerin bozunmaları da nükleer reaktörde üretilen ısıya katkıda bulunmaktadır. Bu enerji katkısının izahı için öğrencilerin nükleer bağlanma enerjisi kavramını irdelemeleri ve inceledikleri herhangi bir bozunma sürecinden yayılan enerjinin hesabına imkân veren matematiksel modeli ifade edebilmeleri önemlidir. Bu hesaplar hususunda değerlendirmeler yapabilmeleri için öğrencilerin madde-enerji eşdeğerliği olgusunu irdelemiş olmaları gerekecektir. Ancak NEGDÖP’te tüm bu gereksinimleri karşılayacak kazanımlara yer verilmemiştir. Ayrıca kazanımlar sıralanırken tarihte yaşanan nükleer kazalar ve reaktör nesillerinin gelişimi olgularına farklı üniteler içerisinde yer verilmiştir. Oysa bu süreçler birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmemelidir. Farklı sayılarla anılan reaktör nesilleri, yaşanan kazalar sonrasında nükleer süreçleri daha izlenebilir kılma ve her seferinde kazaların sebepleri değerlendirilerek, santral tasarımında ve işletilmesinde, savunma derinliği felsefesi gereğince, birbirinden bağımsız ve yedekli savunma teknolojileri tesis etme çabaları sonucunda ortaya çıkmıştır (Ege, 2019; Muray ve Holbert, 2015).

Programın 11.3.3. numaralı kazanımına ait açıklamalarda “Fisyon reaktörlerine yer verilir.” ifadesi yer almaktadır. Ancak 11.2 Atom, Radyasyon ve Radyoaktivite ünitesi kapsamında, nükleer enerji alanındaki en temel çalışma alanı ve olgu olan fisyon olayına yer verilmemesi nedeniyle uranyum çekirdeğinin bölünmesi sürecinin kavratılmasının mümkün görülmediği değerlendirilmelidir. Nükleer enerji kitapları incelendiğinde, bunların birçoğunda bir temel bilim (fundamental physics) konusu olan fisyon olayı ile fisyon reaktörlerinin ayrı ünitelerde ya da en azından ayrı başlıklar altında işlendiği görülmektedir (Martin, 2013; Maxwell, 2011; Muray ve Holbert, 2015). Ayrıca Sydney Üniversitesinde önlisans düzeyinde yürütülen “Nükleer Enerjiye Giriş” dersi müfredat programının girişinde “Pre-requisites and Assumed Knowledge” başlığı altında fisyon sürecinin fiziksel ve kimyasal olarak anlaşılması, kazanımlar için ön şart olduğu belirtilmiştir (UNSW, 2019). Fisyon reaktörleri ünitesinde, yakıt çubuklarının yapısı, fisyon tepkimesinin ardından ısı enerjisi elde edildikten sonra bu enerjinin hangi süreçlerle elektrik enerjisine dönüştüğü açıklanmaktadır. Ayrıca basınçlı su reaktörleri, kaynar sulu reaktörler, üretken hızlı nötron reaktörleri gibi sistemler arasındaki karşılaştırmalara yer verildiği görülmektedir. Herhangi bir kaynakta, “Fisyon reaktörleri” başlığı altında, fisyona ait sıvı damlası modeli, güçlü kuvvet ve elektromanyetik kuvvetin fisyondaki rolü ya da fisyon tepkimesinde bölünmenin doksan farklı kompozisyonda, farklı ürün çekirdeklerin elde edilmesiyle sonuçlanabileceğinden bahsedilmemektedir. Dolayısıyla 11.3.3 kazanımının “fisyon

reaktörlerine yer verilir” şeklindeki açıklamasının fisyon olgusunun açıklanması hususundaki eksikliği gideremeyeceği değerlendirilmelidir.

Ayrıca programın 11.4. bölümünde yer verilen Nükleer Güvenlik ünitesindeki kazanımlar tamamen yapısal riskler ve kişisel doz limitleri hususundaki güvenlik ilkelerini konu edinmektedir. Güvenlik kavramının teknik anlamda irdelenmesi önemli olsa da güvenlikte olma hali toplumun yapısı, tutumlar ve ahlak ile de iç içedir ve kurumda çalışan herkesin sorumluluğu olmalıdır. Nükleer enerji, doğası gereği potansiyel olarak tehlikelidir ve hâlihazırda mevcut olan önlemlerin büyük kazaları önlemek için yeterli olup olmadığı sürekli olarak sorgulanmalıdır. Nükleer güvenlik kültürü, güvenlikle ilgili hususlarda kurumların ve kurumun insan kaynağını oluşturan bireylerin sahip olması gereken yüksek özen, ihtimam ve her durumda güvenliğe öncelik verileceğini garanti altına alacak olan karakter ve davranışların bir bütünü olarak tanımlanmaktadır (IAEA, 2008, 2017). Bu anlamda, tüm çalışanlara nükleer güvenlikle ilgili sorular sorma, gerektiğinde organizasyonu ve diğer çalışanları sorgulama ve iyileştirme önerileri yapma imkân ve özgürlükleri sağlanmalıdır. Bu tutum, bireysel, sosyal ve kurumsal seviyede refleks ve alışkanlıklar edinilmesini, eğitimli personelin tüm beklenmedik durumlara hazırlıklı olmasını; kişisel sorumluluk alanına ilişkin sürekli özdenetimler yaparak niteliklerini artırmasını sağlar. Nükleer Enerjiye Giriş dersini alan öğrencilerin ileride Akkuyu Nükleer Santrali’nde istihdam edilmeleri amaçlandığına göre NEGDÖP, mutlaka nükleer güvenlik kültürüne dair kazanımlar içermelidir.

2020 yılında yayınlanan Millî Eğitim Bakanlığı Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, Öğretim Programlarını Değerlendirme Raporu’nda yer verilen bulgulara göre öğretmenlerin öğrenme-öğretme sürecini yapılandırmada öğretim programlarının ötesinde farklı kaynakları referans alma eğiliminde oldukları gözlenmiştir. Raporda, öğretim programlarına yönelik görüşleri değerlendirildiğinde, öğretmenlerin programları bütünsel olarak ele almadıklarının, programların farklı bölümlerinde ifade edilen bazı hususlara dikkat etmediklerinin anlaşıldığı belirtilmiştir. Elde edilen veriler ışığında öğretmenlerin öğretim programı farkındalıklarının artırılması ve program okuryazarlıklarının desteklenmesi gerektiği değerlendirilmiştir. Birçok öğretmen lisans eğitiminden sonra, temel alanı ile ilgili güncel gelişmeleri, deneyleri, teorik bulguları, teknolojileri ve kavramsal örüntüyü takip etmemektedir (TTKB, 2021). Bu bağlamda programın öğretmene rehber olabilmesi için sıraladığı ilkeleri somut etkinliklerle ifade ve izah etmesi, kazanımlara ait sunuş biçimlerinin örneklendirmesi, etkinliklere vurgu yapması önem taşımaktadır. Aksi takdirde program girişinde yer bulan ilkeler birer temenniden öte bir anlam ifade etmeyecektir. Bu nedenle Nükleer Fiziğe Giriş Dersi Öğretim Programı’nda kazanımlarla birlikte etkinliklere ve uygulamalara da yer verilmesi önem arz etmektedir. Toplumdaki hassasiyetler ve farkındalıklar gözetilerek, nükleer enerjiden elektrik enerjisi

elde edilmesi konusundaki uygulamaların ve etkinliklerin ayrıntılı biçimde izah edilerek örneklendirilmesi, bu konudaki olumsuz tutumların giderilmesinde de etkin rol oynayabilir.

Sonuç

Nükleer enerji konusunda bilimsel okuryazarlığın gelişmesine katkı sağlayacak olması, nükleer enerji kullanılarak elektrik enerjisi elde edilmesine dair süreçler hususunda bilgi sağlayacak olması ve bu eğitimi alan öğrenciler sayesinde nükleer santralin kurulacağı bölge çevresinde nükleer güç santrallerine ilişkin farkındalığı artıracak olması NEGDÖP'ün güçlü yanları olarak görülmelidir. Programda yer alan "2.1 Öğretim Programının Temel Felsefesi ve Genel Amaçları" başlığı altındaki üçüncü paragrafta, bu programın nükleer güç santrallerinde istihdam edilmesi planlanan öğrencilere yönelik olarak hazırlandığı ve üst düzey bilişsel düşünme becerilerini kullanmalarına yönelik kazanımlar içerdiği ifade edilmiştir. Ancak istihdam edilecek öğrencilere hangi teknik becerilerin kazandırılacağı ve beceri kazandırma hedefinin nükleer güç santrallerinde hangi görev tanımlarına uygun biçimde çalışacak personellere yönelik olarak planlandığına dair bir açıklama yer almamaktadır. Öğrencilerin "üst düzey bilişsel düşünme becerileri" edinmelerine yönelik olarak hazırlandıkları ifade edilmesine rağmen, NEGDÖP'te yer verilen 39 kazanımın, 31'i "açıklar", 2'si "tartışır", 2'si "analiz eder", 2'si "sınıflandırır", 1'i "değerlendirir" ve yalnız 1'i "yapar" biçimindedir. Bu fiillerden hareketle ilgili programa ait kazanımların neredeyse tamamının bilişsel alan öğrenmeleri ile ilgili olduğu; programda devinişsel (psiko-motor) ya da duyuşsal alan öğrenmelerine ilişkin kazanımlara yer verilmediği söylenebilir. Bu haliyle program nükleer enerji ve radyoaktivite konularında teknik beceri kazandırma ve nükleer güç santralleri hakkında olumlu ya da olumsuz bir tutum geliştirilebilmesi için sağlıklı bir altyapının oluşturulması hususlarında yetersiz görünmektedir. Ayrıca güvenlik konusunda bu eğitimi alan öğrenciler nezdinde nükleer güvenliğin etkilerinin canlı tutulmasını sağlayacak, bu husustaki bireysel motivasyonlarını destekleyecek olan nükleer güvenlik kültürü kavramına yer verilmeyişi programın zayıf yanları arasındadır.

NEGDÖP'ün girişinde yer alan "Millî Eğitim Bakanlığı Öğretim Programları" başlıklı bölüm 2018 yılından bu yana ortaöğretim kurumlarına yönelik olarak hazırlanan tüm programların girişinde yer almaktadır. Programların genel amaçları belirtilirken bilimsel sorgulamanın doğasını anlamak, bilimsel süreç becerilerini kullanarak bilgi üretmek, bilimsel bilgiyi paylaşmak, etik ve sosyal etkilerini değerlendirerek bilimsel dayanakları olan kararlar vermek ifadelerini içermektedir (TTKB, 2021). Gerek NEGDÖP'ün gerekse ortaöğretim düzeyi için hazırlanan diğer öğretim programlarının girişinde yer alan ilk paragrafta, Millî Eğitim Bakanlığı öğretim programlarının salt bilgi aktaran bir yapıdan ziyade, değer ve beceri kazandırma hedefli bir yapıda hazırlandığı belirtilmiştir. Aynı bölümde öğretim programlarının bilgiyi üreten, işlevsel olarak kullanabilen, problem çözebilen, girişimci, kararlı, iletişim becerilerine sahip, empati yapabilen, topluma ve kültüre katkı sağlayan

nitelikte bireylerin yetişmesine hizmet edecek bir yapıda hazırlandığı vurgulanmıştır. NEGDÖP'ün bu amaçları gözetebilmesi, duyuşsal ve psiko-motor alanda daha fazla yetkinlik kazandırabilecek kazanımlarla donatılması ve etkinliklere vurgu yapması ile mümkün olabilir.

Öneriler

Çalışmanın bu bölümünde, NEGDÖP ile ilgili yapılan incelemeler sonucunda, öğretim programında yer alması gerektiği düşünülen bazı noktalara ilişkin öneriler sunulmaktadır.

NEGDÖP'te yer alan birçok kazanım, yenilenen Bloom taksonomisinin bilişsel yapısına göre "anlama" boyutunda yer almaları nedeniyle, bilişsel süreç boyutunda dengesiz bir dağılım gösterdikleri değerlendirilerek yeniden düzenlenmelidir. Özellikle üst düzey bilişsel basamaklara hitap eden; hesaplar, dener, tahmin eder, sınıflandırır, inceler, modeller, değişkenleri belirler, hipotez kurar, önlem alır, ölçer, araştırır, planlar, akıl yürütür, formüle eder, yapar, üretir, değerlendirir, sonuç çıkarır, irdeler vb. fiilleri içeren yapıda düzenlenmeleri gerekir. Bu düzenlemeler programda yer alan bazı kazanımların yeniden yapılandırılması şeklinde olabileceği gibi, programa yeni kazanımlar eklenmesi şeklinde de yapılabilir.

Programın yapısına yönelik öneriler: Öğretim programında yer alan kazanımların gerek bilgi yapıları gerekse bilişsel boyut açısından dengeli bir dağılım göstermesi, uygun fiiller içermesi son derece önemlidir. Bununla birlikte öğretim planlarının hedeflerine ulaşmasında ders kitapları ve öğretmen davranışları, öğretmenin kazanımları nasıl yorumladığı hususu önemli rol oynamaktadır. Bu nedenle özellikle nükleer fizik ve nükleer enerji santralleri gibi uzmanlık istenilen bir alanda sadece kazanım odaklı bir program geliştirilmesi, öğretmenlere yol gösterecek etkinlik önerilerine yer verilmemesi, uygulamada birtakım aksaklıklara neden olabilir. Özdemir ve Çobanoğlu (2008) tarafından öğretmen adaylarıyla yapılan bir araştırmada, nükleer enerji konusunda katılımcıların büyük bir kısmının (%51) ön bilgiye sahip olmadıkları tespit edilmiştir. Bu aksaklıkların önüne geçmek için 2004-2006 Fen ve Teknoloji Dersi Öğretim Programları örnek alınarak, programda kazanımlara yönelik etkinlik örneklerine yer verilebilir. Çünkü öğretim programındaki kazanımlar ne kadar özenle hazırlansa da bu kazanımlar, öğretmenler ve kitap yazarları tarafından doğru anlaşılmadıkları sürece, öğretim programı amacına ulaşamayacaktır.

NEGDÖP'ün gerek devinişsel (psiko-motor) ya da duyuşsal alan öğrenmelerine imkân tanıyabilmesi bakımından gerekse tüm dünyada politika yapıcılarının, araştırmacıların, uygulayıcıların ve ticari oluşumların ilgisini çeken (Lamb, Maire ve Doecke, 2017) 21. yüzyıl becerileri açısından zengin ve değerli olarak nitelendirilebilmesi için programa yeni kazanımlar veya kazanım açıklamaları eklenmesi gereklidir. Bu çalışma kapsamında, bu tip kazanımlara ait açıklamalarda yer verilebilecek bazı uygulamalar ve etkinlik önerileri sunulacaktır.

İlk örnek kapsamında öğrencilerden, bilim adamlarını atomun yapısının merkezde yer alan ve boş uzayda elektronlarla çevrili olan çekirdekten ibaret olduğu sonucuna ulaştıran Rutherford Altın Folyo Deneyine dayanan somut bir benzetme önermeleri istenebilir. Mini-Rutherford Etkinliği olarak adlandırabileceğimiz bu etkinlik ile öğrenciler, görebildikleri nesnelere görünmeyen nesneye göre hareketlerini izleyerek görünmeyen nesnelere şekillerini ve boyutlarını tahmin edebilirler (ANS, 2022d). Bu amaçla, görünmeyen bir bölgede yer alan ve farklı şekillere sahip karton kutulara doğru fırlatılan farklı çapta bilyeler kullanılabilir. Bu sistem ya da öğrencilerin kendi hayal güçleri sayesinde geliştirecekleri bir başka benzetme, Rutherford'un alfa saçılması deneylerine ve hızlandırıcılarda kullanılan atomik parçacık algılamasına faydalı bir model olarak değerlendirilebilir. Parçacıklar görülemeyecek kadar küçük olduğundan, her iki durumda da boyutlarını başka yollarla çıkarmak gerekir. Her deney grupları halinde çalışan öğrenciler tarafından tasarlanır. Öğrenciler, bilimsel muhakeme yoluyla (çıkarım yaparak) bilinmeyen bir nesnenin şeklini belirlemeye çalışırlar, ardından onu gözlemleriyle kıyaslayarak test ederler. Böylece bilimsel süreç becerilerinin gelişimine katkı sağlanabilir. Buna uygun olarak hazırlanacak bir ders planıyla; sorular sorma, sorunları tanımlama, model geliştirme ve kullanma, araştırma planlama ve yürütme, verileri analiz etme ve yorumlama, bilgi iletişimi gibi alanlarda önemli beceriler kazandırılabilir. Beceri kazandırma süreci, atom modelleri hakkında, NEGDÖP'te yer verilen kazanımların açıklama kısmına;

- Öğrenciler, geliştirecekleri bir model üzerinden, görebildikleri nesnelere görünmeyen bir nesneye göre hareketini değerlendirerek görünmeyen nesnenin şeklini ve boyutlarını tespit eder.
- Bu amaçla bilimsel düşünme sürecini kullanarak hipotezler geliştirir; hipotezlerini test eder.
- Modelini, "Rutherford Altın Folyo Deneyi ile ilişkilendirerek sonuçlar çıkarır.
- Sınıftaki farklı analiz grupları ile bilgi iletişimi kurarak veri analizi yapar.

ifadelerinin eklenmesi ile mümkün kılınabilir.

Yine bu derse ilişkin bir etkinlik kapsamında öğrencilerden çok sayıda bozuk para veya iki yüzü farklı biçim ya da renge sahip disk biçimindeki herhangi bir nesne kullanarak bir radyoaktif numunenin yarıömrünün ne olduğunu açıklamaları istenebilir.

- Öğrenciler radyoaktif örneklerin yarıömrülerini betimleyecek model ya da etkinlikler geliştirir, geliştirecekleri modellerden faydalanarak radyoaktif çekirdeklerin sayısının zamana bağlı değişimini temsil eden grafiklere ulaşır.
- Başlangıçtaki radyoaktif çekirdek sayısı ve ölçüm aralıkları değişkeninin, yarıömür ya da bozunma sabitine etkisini değerlendirir.
- Sınıftaki farklı analiz grupları ile bilgi iletişimi kurarak veri analizi ve karşılaştırma yapar.

Ders kapsamında öğrencilere, büyük bir atom çekirdeğinin, nükleer güç için enerji üreten iki küçük parçacığa bölünebilmesi sürecinden faydalanarak enerji üreten nükleer güç santrallerinde, yakıtta birim zamanda gerçekleşen bölünme sayısının kontrol edilmesinin kritikliğini betimleyecek bir etkinlik geliştirmeleri konusunda rehberlik yapılarak; onların fisyon sürecine ilişkin model tasarımları sağlanabilir. Her öğrencinin geliştirdiği model üzerinde tartışılırken, modelin hedef aldığı süreci ne kadar yansıttığının değerlendirilmesi ile üst düzey bir bilişsel öğrenme gerçekleştirilebilir. Öğrenci Bilim kavramlarını ve ilkelerini anlayabilir (ANS, 2022e). Bu amaçla geliştirilen bir etkinlikte her öğrenciye tutması için ikişer balon (nötronu temsil eden) verilir. Öğrenciler sıkı bir grup içinde bir arada durmalıdır. Reaksiyon, öğretmen veya bir gönüllü tarafından gruba bir balonun (kaynak nötronu temsil eden) atılmasıyla başlar. Balon bir öğrenciye çarptığında öğrenci iki balonunu havaya fırlatarak çekirdek bölünmesini temsil eder. Böylece havada gezen balon yoğunluğu kontrol altında alınmadığında kısa zamanda hiçbir öğrencide balon kalmayacağı gösterilmektedir. En baştan bir kez daha tekrarlanan etkinlikte bu kez kontrol çubuklarını temsil etmek üzere gruba elinde iğne olan birkaç öğrenci katılır. Bu öğrenciler diğerleri arasında gezerek havada gezen balonlardan ulaşabildiklerini patlatacaklardır. Böylece gruptaki öğrencilerin balonlarını kaybetmesinin sıklığı değiştirilebilir.

NEGDÖP'teki önemli eksiklerden biri olan nükleer fisyon konusuyla ilgili olarak programa, "Nükleer fisyon olayını araştırır. Nükleer fisyonun, nükleer teknolojiler hususundaki önemini irdeleyerek; enerji üretimine katkılarına ilişkin sonuçlar çıkarır." kazanımının eklenmesinin ardından; nötronları temsil eden balonların, fisyonla yol açmadan kullanılamaz hale getirilmesi üzerinden kontrol çubuklarının eklenmesinin zincirleme reaksiyonu nasıl etkilediğini tartışılabilir. Bu sayede, zincirleme reaksiyon, kritik altı reaktör, süper kritik reaktör ve reaktör kontrolü konularında planlama, yürütme ve yönetme becerileri geliştirilebilir. Bu ya da benzeri bir etkinliğe atıfta bulunan bir etkinlik:

"Öğrenciler nükleer yakıtta yer alan bölünebilen (fissil) çekirdeklerin zincirleme reaksiyonlarını betimleyecek model ya da etkinlikler geliştirir, geliştirecekleri modeller ışığında bölünme hızının kontrol edilmesinin nükleer güvenlik açısından önemini gerekçelendirir." açıklaması ile programa dâhil edilebilir.

Alanyazında nükleer enerji konusunda sosyo-bilimsel becerilerin artırılması amacıyla, rol oynama etkinliklerinin ders planlarına katılmasını öneren ve bu yolla öğrencilerin değer ve tutumlarının geliştirilmesini amaçlayan örnek işleyiş planları bulunmaktadır. Rol oynama yöntemi, öğrencilerin duygusal, sezgisel ve etik muhakemelerini geliştirmelerine yardımcı olması, sosyobilimsel konularda karar alabilme becerilerini geliştirmesi sebebiyle etkili bir öğrenme yöntemidir (Archila, 2017). Namdar ve Namdar (2021) tarafından yapılan çalışmada, rol oynama

metodunun öğrencileri duygusal, ahlaki ve etik muhakeme ile meşgul etmesi sebebiyle değerleri canlandırmak için bir araç olarak kullanılabilceğini önerilmiştir. Sunulan plan üç adımdan oluşmaktadır. 1. adımda nükleer enerji konusu ile tanıştırmak için öğrencilere nükleer enerjinin başarısı ve Çernobil felaketi gibi çelişkili senaryoları kapsayan iki video izletilmektedir. Daha sonra öğrencilere nükleer santrallerin sayılarının artırılması konusunda hemfikir olup olmadıkları sorulur. 2. adımda öğretmen altı farklı araştırma ve tartışma grubu oluşturur. Bu yolla karşıt görüş, değer ve tutumlara sahip öğrencileri gruplandırır. Gruplardan üçü nükleer enerji üretimi hakkında olumlu, diğer üçü ise olumsuz görüşlere sahip olacaktır. Destekleyen ve karşı çıkan kümelerden seçilen birer grup nükleer enerji üretiminin çevre-bilimsel (ekolojik) fayda ve zararları hususunda veri toplayacak ve tartışacaktır. Bir başka ikisi, nükleer santrallerin inşasına ilişkin politikaları hukuka ve bilimsel verilere dayanarak sosyobilimsel temelde tartışmaları için belirlenecektir. Son kalan iki grubun ise nükleer enerji üretimini sosyal etkilerini tartışmaları ve etik prensipler açısından değerlendirmeleri planlanmıştır. 3. adımda öğrencilerden ders kapsamında öğrendikleri bilgiler ve geliştirdikleri fikirler perspektifinde bir kompozisyon yazmaları istenmektedir. Her öğrenciden nükleer enerji ve santral yapımı hakkında politika önerisinde bulunması istenir. Daha sonra yazılan denemeler kör akran değerlendirmesi sürecine tabi tutulur. Hakem rolünü üstlenen her öğrenciden yazılan metinlerin her bir değeri kapsayıp kapsamadığına dikkat etmeleri ve geri bildirimde bulunmaları istenir. Son olarak her öğrenci kanıtlarını gözden geçirdikten sonra sınıf tartışması başlatılır (Namdar ve Namdar, 2021). Bu süreçte öğretmen araştırma, tartışma ve değerlendirme süreçlerinin konunun tüm boyutlarını kapsadığından emin olmalıdır. Bu ders planı öğrencileri kanıta dayalı karar verme sürecine dâhil eder; yüksek kalitede akıl yürütmeyi teşvik edebilir. Böylece iletişim, iş birliği, kritik düşünme, yaratıcılık, medya okuryazarlığı, sorumlu hissetme ve liderlik gibi 21. yüzyıl becerilerini destekleyebilir. Sosyo-bilimsel kazanımlar açısından, enerji üretimi, atık yönetimi vb. konularda temel teknik bilgileri edindikten sonra öğrencilerin konuyu gruplar halinde tartışmaları ve öğrenim faaliyetleri sonrasında değer ve tutumlarında gerçekleşebilecek olası değişimleri raporlandırmaları, nükleer enerji konusundaki farkındalıklarını artıracaktır. Ayrıca öğrencilerin nükleer enerjinin üretimi sürecinde karşılaşılabilen örnek olaylar değerlendirilirken, enerji üretiminde görev alan bir tekniker, süreçten etkilenen bir birey ya da enerji politikaları hakkında söz söyleme yetkisi olan bir yönetici rolüne girerek fikirler öne sürmeleri ve onları gerekçelendirmeleri; sosyo-bilimsel konularda karar verme becerilerini artıracaktır. Programda ilgili becerileri artırabilecek örnek etkinliklere yer verilebilir

NEGDÖP, nükleer enerji santrallerinde görev alabilecek personel yetiştirme hedefi taşıdığına göre “Nükleer Güvenlik Kültürü” olgusunun anlaşılmasına ve hedef kitlenin davranışlarında temel refleks haline gelmesine imkân tanıyacak kazanımlar açısından zenginleştirilmelidir. Enerji üretimi

envanterine nükleer enerjiyi eklemeye hazırlanan ülkemizde, bu konuda yürütülecek her türlü eğitim öğretim faaliyetinin, “Nükleer Güvenlik Kültürü” konusunda kazanımlara yer vermesi önemlidir. Bu eğitim ve kültür, başta özdenetim ve sorumluluk alma olmak üzere, daha önce sıraladığımız 21. yüzyıl becerilerinden birçoğu ile ilişkilidir.

Kaynaklar

- ANS. (2022a). *Teacher Resource Guide: Detecting Radiation in our Radioactive World*. https://assets.website-files.com/5ed97259050e9609486076e1/5ed977227025a348a1925667_ANS-Teacher_Resource_Guide_web.pdf sayfasından erişilmiştir.
- ANS. (2022b). *High School Resources Digital Lesson Plans*. American Nuclear Society: ans.org/nuclear/navigatingnuclear/classresources/highschool/ sayfasından erişilmiştir.
- ANS. (2022c). *Nuclear Science 101 Lesson Plans*. American Nuclear Society: ans.org/nuclear/classroom sayfasından erişilmiştir.
- ANS. (2022d). *Teacher Resource Guide: Detecting Radiation in Our Radioactive World*. https://assets.website-files.com/5ed97259050e9609486076e1/5ed977227025a348a1925667_ANS-Teacher_Resource_Guide_web.pdf sayfasından erişilmiştir.
- ANS. (2022e). *Lesson Plan: The Fission Game*. Nuclear Science Week (NSW), National Museum of Nuclear Science & History, The Nuclear Energy Institute: <https://www.nuclearscienceweek.org/for-educators/lesson-plans> sayfasından erişilmiştir.
- Archila, P. A. (2017). Using drama to promote argumentation in science education. *Science & Education*, 26(3), 345-375. <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9901-7>
- Ateş, H. & Saraçoğlu, M. (2013). Fen bilgisi öğretmen adaylarının gözünden nükleer enerji. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(3), 175-193. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kefad/issue/59470/854576> sayfasından erişilmiştir.
- Ateş, H. (2013). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının nükleer enerji hakkındaki düşünceleri*. (Yüksek Lisans Tezi). <https://tez.yok.gov.tr> sayfasından erişilmiştir.
- Bümen, N. T. (2010). Program geliştirmede bir dönüm noktası: Yenilenmiş Bloom taksonomisi. *Eğitim ve Bilim*, 31(142), 3-14. <http://egitimvebilim.ted.org.tr/index.php/EB/article/view/837/189> sayfasından erişilmiştir.
- Canadian Nuclear Association. (2022). *Nuclear Science Technology High School Curriculum*. www.cna.ca ve <https://teachnuclear.ca/lesson-plans/> sayfalarından erişilmiştir.
- Dawson, V. & Venville, G. J. (2009). High-school students' informal reasoning and argumentation about Biotechnology: An indicator of scientific literacy? *International Journal of Science Education*, 31(11), 1421-1445. <https://doi.org/10.1080/09500690801992870>

- Dedeoğlu, H. & Polat, İ. (2021). 2020-2021 eğitim oğretim yılı ilkokul oğretim programları üzerine bir değerlendirme. *Yaşadıkça Eğitim*, 35(1), 207-220. <https://doi.org/10.33308/26674874.2021351263>
- Department for Business, Energy & Industrial Strategy. (2022). *Nuclear Energy: What You Need to Know*. <https://www.gov.uk/government/news/nuclear-energy-what-you-need-to-know> sayfasından erişilmiştir.
- EBA. (2020). *Nükleer Enerjiye Giriş*. [http://meslek.eba.gov.tr/upload/cop11/Nukleer Enerjiye_Giris.pdf](http://meslek.eba.gov.tr/upload/cop11/Nukleer_Enerjiye_Giris.pdf) sayfasından erişilmiştir.
- Ege, A. (2019). *Nükleer enerji: Atomdan elektriğe sağlıktan silaha*. Ankara: Hece Yayınları.
- Fadel, C. (2008). *21st century skills: How can you prepare students for the new global economy?* Paris: OECD/CERI. <https://www.oecd.org/site/educeri21st/40756908.pdf> sayfasından erişilmiştir.
- IAEA. (1986). Summary Report on the Post-accident Review Meeting on the Chernobyl Accident. (INSAG Series No. 1), Vienna. <https://www.iaea.org/publications/3598/summary-report-on-the-post-accident-review-meeting-on-the-chernobyl-accident> sayfasından erişilmiştir.
- IAEA. (1992). The Chernobyl Accident: Updating of INSAG-1. Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency (Safety Series No. INSAG-7). https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub913e_web.pdf sayfasından erişilmiştir.
- IAEA. (1988). INSAG 3 Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants (Safety Series No. 75). <https://www.iaea.org/publications/5811/basic-safety-principles-for-nuclear-power-plants-75-insag-3-rev-1> sayfasından erişilmiştir.
- IAEA. (2008). Nuclear Security Culture, Implementing Guide, IAEA Nuclear Security Series No. 7, Vienna, 2008. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1347_web.pdf sayfasından erişilmiştir.
- IAEA. (2017). Self-Assessment of Nuclear Security Culture in Facilities and Activities, Technical Guidance: IAEA Nuclear Security Series No. 28-T, Vienna. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1761_web.pdf sayfasından erişilmiştir.
- IAEA. (2021). Enhancing Nuclear Security Culture in Organizations Associated with Nuclear and Other Radioactive Material (Technical Guidance: IAEA Nuclear Security Series No. 38-T), Vienna. https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/PUB1874_web.pdf sayfasından erişilmiştir.
- Lamb, S., Maire, Q. & Doecke, E. (2017). *Key skills for the 21st century: an evidence-based review*. New South Wales: Education Future Frontiers: <https://vuir.vu.edu.au/35865/1/Key-Skills-for-the-21st-Century-Analytical-Report.pdf> sayfasından erişilmiştir.

- Lee, H., Chang, H., Choi, K., Kim, S. W. & Zeidler, D. L. (2012). Developing character and values for global citizens: Analysis of pre-service science teachers' moral reasoning on socioscientific issues. *International Journal of Science Education*, 34(6), 925-953. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.625505>
- MEB. (2022). *Protokol ve İş birlikleri*. Mesleki ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü: https://mtegm.meb.gov.tr/upload/meb_protokol/2020_0930_539_180-enerji-bakanligi-akkuyu-nukleer-enerji-protokolu-haziran-2020.pdf sayfasından erişilmiştir.
- Martin, J. E. (2013). *Radyasyon ve radyasyondan korunma fiziği*. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Maxwell, I. (2011). *Nuclear power: a very short introduction*. London: Oxford University Press.
- MIT Open Course Software. (2016). *Massachusetts Institute of Technology Fall 2016 Undergraduate Course: Introduction to Nuclear Energy and Ionizing Radiation*. <https://ocw.mit.edu> sayfasından erişilmiştir.
- Muray, R. L. & Holbert, K. E. (2015). *Nükleer enerji*. (A. Yılmaz, A. Aydın, T. Bayram, S. Akkoyun & A. Billur, Çev. Ed.) Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Namdar, B. & Namdar, A. O. (2021). Fostering students' values through role play about socioscientific issues. *The Physics Teacher*, 59(6), 497-499. <https://doi.org/10.1119/5.0019320>
- OECD. (2010). The Assessment and Teaching of 21st Century Skills (ATC21S) Status Report. https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/citizenship/socio-economic/docs/ATC21S_Exec_Summary.pdf sayfasından erişilmiştir.
- Özdemir, N. & Çobanoğlu, O. E. (2008). Türkiye'de nükleer santrallerin kurulması ve nükleer enerji kullanımı konusundaki öğretmen adaylarının tutumları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(34), 218-232.
- Ratcliffe, M. & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues*. Maidenhead: Open University Press. https://www.academia.edu/34522233/Science_Education_For_Citizenship_Teaching_Socio_Scientific_Issues sayfasından erişilmiştir.
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536. <https://doi.org/10.1002/TEA.20009>
- Schleicher, A. (2022) *OECD Education Directorate, The case for 21st-century learning*. <https://www.oecd.org/general/thecasefor21st-centurylearning.htm> sayfasından erişilmiştir.
- TEİAŞ. (2022). *Türkiye Elektrik Üretim-İletim İstatistikleri*. <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri> sayfasından erişilmiştir.

- TTKB. (2021). 2020 Yılı Birim Faaliyet Raporu. https://ttkb.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2021_03/16120022_2020_faaliyet_raporu.pdf sayfasından erişilmiştir.
- UNSW. (2019). *Introduction to Nuclear Energy Course Curriculum 2019*. [https://www.unsw.edu.au/content/dam/pdfs/unsw-adobe-websites/engineering/mechanical-engineering/course-outlines/2019/term-1/2019-10-ENGG9741-Course-Outline-T1-2019-updated-4-2-2019-0\(1\).pdf](https://www.unsw.edu.au/content/dam/pdfs/unsw-adobe-websites/engineering/mechanical-engineering/course-outlines/2019/term-1/2019-10-ENGG9741-Course-Outline-T1-2019-updated-4-2-2019-0(1).pdf) sayfasından erişilmiştir.
- WANO. (2013). *Principles, Traits of a Healthy Nuclear Safety Culture, PL 2013-1*. <https://www.wano.info/getmedia/49f169b0-a385-4cd2-a7d8-2f64b64cd8d2/WANO-PL-2013-1-Pocketbook-English.pdf.aspx> sayfasından erişilmiştir.
- Yaz, Ö. V. & Kurnaz, M. A. (2017). 2013 fen bilimleri öğretim programının incelenmesi. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*(8), 173-184.
- Yıldırım, A. & Şimşek, H. (2018). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (11. b.) Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Extended Summary

Introduction to Nuclear Energy is a course that was decided by the Ministry of National Education to be taught in the 11th grade of Vocational and Technical Anatolian High Schools included in the cooperation protocol with a decision taken on 21.10.2020. It is stated that the related curriculum was developed for the students of vocational and technical secondary education institutions planned to be employed in nuclear power plants.

In this study, document analysis technique, which is one of the qualitative research methods, was used while evaluating the Nuclear Energy Introduction Course Curriculum. The curriculum was analyzed in terms of content organization, content and scope of learning outcomes. How these analyzes would be done was limited to the sub-problems addressed in the research.

In the 1st sub-problem of this study, the answer to the question of "How is the content organization of the Introductory Nuclear Energy Course Curriculum?" was evaluated. The content analysis of the Nuclear Physics subjects in the curriculum (in terms of scientific relevance, content organization and deficiencies) was made by a nuclear physics expert.

The historical development of nuclear power plants, the achievements regarding the evaluation of Türkiye's initiatives and collaborations take field in the first unit of the Introduction to Nuclear Energy Curriculum titled "The Role and Place of Nuclear Energy in the World and in Türkiye". Additionally, within the scope of this unit, it is aimed to analyze the number of nuclear power plants in other countries and the part of nuclear energy in energy production. In the second unit titled "Atom, Radiation and Radioactivity", basic atomic knowledge, radioactivity, radiation

measurement methods and dose units, biological effects of radiation and radiation protection systems are considered. The third unit, titled "Nuclear Power Plants", includes the achievements about the components and working principles of the power plants. In the fourth unit titled "Nuclear Safety", the achievements of obtaining information about nuclear safety principles, cooling systems, physical safety principles, accidents at power plants and emergency action plans are included. Within the scope of the "Nuclear Fuel Cycle" unit, it is aimed to provide information about the stages of the nuclear fuel cycle and fuel types. It is aimed to refer to the national and international legislation on the processing, storage, transportation and radioactive waste management of fuels. In addition, at the end of the unit (Learning outcome: 11.5.3), information about radioactive materials used for research purposes is given and It is planned to introduce radioactive materials used in fields such as health and industry. In the sixth unit titled "Application Areas of Radiation", the applications of radiation used for diagnosis and treatment in the field of health are introduced. It is planned to present technical information on the applications of measurement, monitoring, quality control and sterilization in the fields of industry, food sector and agriculture.

In the second sub-problem of the study, the answer to the question of "How do the learning outcomes in the Introduction to Nuclear Energy Curriculum show a distribution according to the renewed Bloom taxonomy?" was considered. The learning outcomes in the curriculum were classified based on the dimensions of knowledge and cognitive process within the scope of the research. Each learning outcome was examined by two different referees in two axes including knowledge and cognitive process dimensions. Thirty nine learning outcomes in the related curriculum were analyzed with the two-dimensional structure of the renewed Bloom's taxonomy. The decisions made by referees for the same learning outcome were compared by Cohen Kappa test and agreement rates were determined. Most of the learning outcomes were in the "understanding" step of the cognitive domain. When the learning outcomes were examined in terms of knowledge dimension, it was evaluated that the "metacognitive" dimension was not adequately sampled. In the third sub-problem of the study, the answer to the question of "Is the content and scope of the Introductory Nuclear Energy Course Curriculum sufficient?" was considered. In the explanation of the learning outcome with number 11.2.3 (Explains radioactivity) in the second unit of the curriculum, there are statements "The concept and terms of radioactivity are explained with graphics and examples". However, it is not clear whether the mathematical model of the radioactive decay law will be explained or not under this learning outcome and other titles. Additionally, when the whole unit is considered, it is seen that there is no reference that made about the matter-energy equivalence or binding energy, which is the basis for the energy that can emerge as a result of radioactive processes. In the second unit, which includes learning outcomes about radiation and radioactivity, there is no learning or no explanation about

nuclear fission or the physical principles of the energy emerging from nuclear fission. Although it was emphasized that the graduates were aimed to be employed at Akkuyu Nuclear Power Plant while explaining the basic philosophy and general objectives of the developed curriculum, the proposed curriculum did not include technical skills in terms of either the plant's working processes or safety principles. It may not seem possible to provide technical skills to the personnel to be employed at the power plant with a two-hour course per week, but scientific literacy can be provided to students on nuclear safety, activity and dose calculations. In addition, the concept or principles of "Nuclear Security Culture", which all international organizations operating in the field of nuclear energy attach importance, is not included from the scope of the curriculum prepared.

The strengths of the curriculum should be that it will contribute to the development of scientific literacy on nuclear energy, provide information on the processes of obtaining electrical energy using nuclear energy and give increase awareness about nuclear power plants. Under the title of "Basic Philosophy and General Objectives of the 2.1 Curriculum", it is stated that this curriculum is prepared for students who are planned to be employed in nuclear power plants and it is also stated that it includes high-level cognitive thinking skills. However, there is no explanation about which technical skills will be provided to the students to be employed or the aim of gaining skills is planned for the personnel who will work in accordance with which job descriptions in nuclear power plants. Although it is stated that students will be prepared to acquire "high-level cognitive thinking skills", 31 of the 39 learning outcomes included in the Nuclear Energy Introduction Course Curriculum are "explains", 2 of them "discusses", and 2 of them are "analyzes", 2 "classifies", 1 "evaluates" and only 1 "makes". Almost all of the learning outcomes in the curriculum related to movement from these verbs are related to cognitive learning; so, it can be said that the curriculum does not include learning outcomes related to psycho-motor or affective learning. All the learning outcomes in the curriculum should be rearranged in terms of cognitive dimension. They must be arranged in the structure to contain the verbs especially appealing to high-level cognitive steps such as calculates, tries, estimates, classifies, examines, models, determines, variables, hypothesizes, takes precautions, measures, researches, plans, reasoning, formulates, does, produces, evaluates, draws conclusions, examines, etc. These arrangements can be made in the form of rearranging some existing learning outcomes or adding new ones. The curriculum seems insufficient in terms of providing technical skills on nuclear energy and radioactivity and establishing a healthy basic for developing a positive or negative attitude about nuclear power plants. In addition, the absence of the concept of "Nuclear Safety Culture" is among the weaknesses of the curriculum. Nuclear safety culture will ensure that the effects of nuclear security are kept alive in students' minds and can support their individual motivations in this regard.

At the end of the article, suggestions on the writing of the outcomes and the ordering of the topics, and suggestions on increasing the psychomotor and affective skills in the curriculum are presented.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Bu araştırmanın planlanması, yürütülmesi ve yazılı hale getirilmesinde araştırmacılar eşit oranda katkı sağlamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Bu araştırmada herhangi bir kurum, kuruluş ya da kişiden destek alınmamıştır.

Çatışma Beyanı

Araştırmacıların, araştırma ile ilgili diğer kişi ve kurumlarla herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması yoktur.

Etik Kurul Beyanı

Bu araştırma, doküman incelemesine dayalı bir çalışma olduğu için etik kurul izni gerektirmemektedir.