

BİLİMSEL ARAŞTIRMALARIN NÜKLEER SİLAHLARA EVRİLMESİ
EVOLUTION OF SCIENTIFIC RESEARCH INTO NUCLEAR WEAPONS**Zarifa NAZİRLİ*****Öz**

Reel politik uygulayan devletlerin bilimi, güç rekabeti ve kapitalist amaçlar doğrultusunda bir araç olarak kullanma eğiliminde olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir. 1941 yılında gerçekleşen Pearl Harbor saldırısının ardından Amerika Birleşik Devletleri'nin nükleer silah geliştirme sürecine Manhattan Projesi ile giriş yapması, bu bağlamda etik sorunlar ve uygulama farklılıklarının araştırmaların yönünü değiştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Savaş döneminin zaruretleri, konvansiyonel rekabetin nükleer güç yarışına dönüşmesine yol açarken, bilim insanları nükleer silahlanma yarışını durdurmak veya kontrol altında tutmak amacıyla çeşitli çabalar içine girmiştir. Atom Bilimciler Bülteni ve Pugwash Konferansları gibi girişimlerin, nükleer tehlikeler ve olası riskleri topluma aktarma çabalarının yanı sıra, bilim insanlarının 'Nükleer Kış' terimi aracılığıyla nükleer silahlara karşı duyarlılık geliştirdikleri tespit edilmiştir. Bilimsel araştırmaların özgürlüğünün sağlanması, çalışmaların sürekliliği açısından kritik öneme sahiptir. Nükleer araştırmaların tarihi incelendiğinde, bilimsel çalışmaların politik eylemlere yön verme potansiyeline sahip olduğu anlaşılmaktadır. Araştırma, tarihsel olayları takip ederek bilimsel araştırmaların nükleer silahların gelişimine nasıl evrildiğini incelemektedir. Bu bağlamda, bilim ve politikalar arasındaki etkileşim, çalışmanın temel tartışma noktalarından birini oluşturmaktadır. Çalışmanın amacı, bilimsel araştırmaların nükleer teknoloji üzerindeki gelişimini, nükleer fiziğin temellerini ve atom biliminin askeri stratejilere entegrasyonunu tarihsel bir perspektiften inceleyerek, bilimsel araştırmaların militarizasyonunu değerlendirmektir. Bu çalışma, bilimin askeri uygulamalara entegrasyonunda daha derinlemesine bir yaklaşım geliştirilmesini teşvik ederek, ulusal ve küresel güvenliğin korunmasına yönelik koordineli bir çaba oluşturmayı hedeflemektedir. NARA -AAD (National Archives), NSA (National Security Archives), US Department arşivleri ve literatürden elde edilen bilgiler ışığında yapılan çalışmada, kaos döneminde bilim dünyasının siyasetçiler ve askeriye ile faaliyeti detaylı araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nükleer, Nükleer Kış, Bilim, Siyaset, Manhattan Projesi.

Abstract

It is widely acknowledged that states employing realpolitik often utilize science as an instrument for power competition and capitalist objectives. The United States' entry into the nuclear weapons development process through the Manhattan Project following the Pearl Harbor attack in 1941 exemplifies how ethical concerns and practical discrepancies can influence the trajectory of research in this domain. While wartime exigencies transformed conventional competition into a nuclear arms race, numerous scientists endeavored to halt or regulate this escalation. Initiatives such as the Bulletin of the Atomic Scientists and the Pugwash Conferences have sought to communicate the dangers and potential risks of nuclear weapons to the public, and

Article Info**Araştırma Makalesi**

Geliş Tarihi: 22/10/2024

Kabul Tarihi: 22/02/2025


Atf

Nazirli, Z. (2025). Bilimsel Araştırmaların Nükleer Silahlara Evrilmesi. *Anasay*, 31,179-198.

Research Article

Received: 22/10/2024

Accepted: 22/02/2025

* Dr. Öğr. Üyesi, Bakü Devlet Üniversitesi, Tarih Fakültesi, Avrupa ve Amerikanın Modern Tarihi bölümü, nezirli.zerife@gmail.com, **ORCID ID**  <https://orcid.org/0000-0002-7069-1922>

the concept of 'Nuclear Winter' has fostered a heightened awareness among scientists regarding the implications of nuclear armament. The preservation of the freedom of scientific inquiry is critical for the sustainability of research endeavors. A historical examination of nuclear research reveals that scientific investigations possess the potential to inform and direct political actions. This study explores the evolution of scientific research into the development of nuclear weapons by tracing significant historical events. In this context, the interplay between science and politics emerges as a central theme of discussion. The objective of this research is to assess the militarization of scientific inquiry by analyzing the historical development of research in nuclear technology, the foundational principles of nuclear physics, and the incorporation of atomic science into military strategies. Furthermore, the study aims to foster a coordinated approach to safeguard national and global security by encouraging scientific communities to adopt a more nuanced perspective on military applications. Drawing on information from the National Archives and Records Administration (NARA-AAD), the National Security Archives (NSA), and various departmental archives and literature, this research meticulously investigates the interactions between the scientific community, political entities, and military actors during a period characterized by upheaval.

Keywords: Nuclear, Nuclear Winter, Science, Politics, Manhattan Project

Cite this article as:

Nazirli, Z. (2025). Evolution of Scientific Research Into Nuclear Weapons. *Anasay*, 31, 179-198.

EXTENDED ABSTRACT

The institutionalization process of science, which emerged with the Industrial Revolution, accelerated scientific developments, both through the state and directly with capital. Thus, with the contribution of science, the development of weapons accelerated and the powers of modernizing armies became even more destructive. During the world wars, progress in military technology grew day by day and reached the capacity to reach genocidal proportions. The newly introduced compulsory military service in this period, combined with modern technology, created an incredible potential for efficient destruction. Nuclear physics was introduced to science a century ago, during the "miraculous decade" between 1895 and 1905, during which the foundations of almost all modern physics were laid. This period was marked by two unexpected byproducts of W. Crooke's vacuum tube, W. C. Roentgen's X-rays (1895) and the first discovered elementary particle. It became known to humanity with Thomson's electron (1897). The critical historical event in terms of nuclear physics began completely by chance, with H. Becquerel's discovery of radioactivity (1896). Scientific studies on nuclear materials and Uranium have resulted in the formation of nuclear weapons.

Although the philosophy of the indivisibility of the atom is based on ancient Greek science, the opposite has been proven in the modern period. In the last century, as a result of the development of education, technology and medicine, a number of fatal diseases have been treated and living standards have been tried to be improved. However, education and technology are not limited to the medical field. When technological research and inventions were included in the military field, the world changed in the 20th century. It witnessed two major devastating wars in the century. Additionally, the emergence of nuclear weapons brought this process to its peak.

Conventional power competition, presidential-level policies have delayed programs to restrict weapons of mass destruction. So much so that WMDs, which were seen as political tools rather than military ones at the highest level, turned into weapons of influence of the superpowers over time. However, nuclear experiments, tests, facilities and nuclear accidents have become so dangerous that they drag the world into risky dimensions. The first scientists to realize this were the scientists involved in the research and projects. The scientific community had carried out a series of studies to encourage governments to end the nuclear arms race. Nuclear scientists, who informed the public about the extent of the nuclear danger and possible risks through the Atomic Scientists Bulletin (later ABAF) and the Pugwash Science and World Affairs Conferences, had succeeded in standing against politics and military activities. Declaring the neutrality of science with the 1954 Manifesto, scientists proved the term "Nuclear Winter" and were able to make the necessary reaction against the atomic weapon a daily issue. Thus, the United Nations, the World



Health Organization and other political organizations adopted decisions on restricting nuclear activities. Atomic bombs not only have a devastating effect on the enemy state, but also give the states that possess these weapons a "deterrence" advantage along with the power they will provide in the field of international politics.

Giriş

Kalıcı barış ilkesinin idealist bir yaklaşım olarak değerlendirilmesi, Cihan Harbi sonrasında önemli bir değişim sürecine girmiştir. Dünya savaşlarının politikaya entegre ettiği "Reel Politik" kavramı ile birlikte, güç ve çıkar çatışmaları hem ulusal hem de uluslararası siyasette belirgin bir şekilde ön plana çıkmıştır. Realizm, yapısal olarak güç ve çıkar ilkesine dayandığı için, devletlerin askeri alana yönelme eğilimi yaygınlaşmıştır. Aynı dönemde egemen üretim biçimi olarak tanımlanan kapitalizm, işleyişi gereği kâr maksimizasyonunu hedefleyerek rekabetçi kaygıları artırmakta ve güç ile egemenliği belirleyen tüm değerleri kontrol altına almaktadır; bu durum, tarihin bu kritik dönemini şekillendiren önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Söz konusu süreç, yalnızca ekonomik unsurları değil, aynı zamanda toplumsal değerlerin ve güç dinamiklerinin de denetim altına alınmasına yol açmaktadır. Bu çerçevede, kapitalizm bir yandan yenilikçiliği teşvik ederken, diğer yandan egemen değerleri ve güç ilişkilerini pekiştirici bir rol üstlenmektedir. Reel Politik uygulayan devletler, güç rekabeti ve kapitalist amaçları doğrultusunda bilimsel bir araç olarak kullanma eğiliminde bulunmuşlardır. Devletlerin reel politikaları, bilimsel bilgi ve teknolojinin stratejik bir araç olarak kullanılmasını gerektirmektedir. Bu süreç, güç rekabetinde avantaj elde etmek için bilimsel araştırmalara yönlendirilirken, aynı zamanda ideolojik hegemonya kurma çabasını da beraberinde getirmektedir. Böylece, bilimin nesnel ve tarafsız bir şekilde topluma katkı sağlama potansiyeli, ideolojik amaçlar doğrultusunda manipüle edilebilir hale gelmektedir. Sonuç olarak, ideolojik hegemonya aracılığıyla toplumsal ve bilimsel düşünceler üzerinde belirleyici bir kontrol sağlama çabaları ön plana çıkmıştır (Gül, 2021, s. 55). İdealist çerçeveden bakıldığında bilimin politikayı tarafsız bir şekilde yönlendirmesi olası kaosu engelleme gücüne sahiptir. Ancak bu, bilimsel bilginin özerkliğinin korunmasına bağlıdır. Bilim, toplumsal sorunların çözümünde bir araç olarak kullanılabilirken, bunun siyasi ve ideolojik etkilerden arındırılması gerekir. Rekabetçi eylemlere meyilli toplumlarda Realist yaklaşıma öncelik verilmektedir. Bununla birlikte, etkisi pek güçlü görünmese bile karar verme aşamasında yine bilimin gücü kullanılmaktadır. Özellikle, nükleer araştırmaların tarihi yolu izlenildiğinde, bilimsel çalışmaların politik eylemlere yön verme potansiyeli olduğu anlaşılmıştır. Kapitalizmin dinamikleri, bilimsel bilginin nesnellliğini ve özerkliğini tehdit eden bir çerçeve oluşturmaktadır. Reel politikalar, bilimsel bilginin kullanımını belirlerken, idealist bir yaklaşım, bilimin toplumsal yarar için nasıl bir araç olabileceğini ortaya koyar. Bu denge, güç dinamikleri ve ideolojik hegemonya arasındaki çatışma ile şekillenmektedir.

Sanayi devrimiyle birlikte ortaya çıkan, bilimin kurumsallaşma süreci gerek devlet aracılığıyla gerekse doğrudan sermaye ile birlikte, bilimsel gelişmeleri hızlandırdı. Rekabet içgüdüsüyle, silahların gelişimi hızlanmış, modernleşen orduların güçleri daha da yıkıcı bir hal almıştı (Kissinger, 2016, s. 331). Nükleer fizik, neredeyse tüm modern fiziğin temellerinin atıldığı 1895 ile 1905 yılları arasındaki "mucizevi on yıl" sırasında bilime tanıtılmıştı. Atomun bölünmezliği felsefesi eski Yunan bilimine dayansa da bahsi geçen dönemde bunun aksi ispat edilmişti. Bu dönem, W. Crooke'un vakum tüpünün iki beklenmedik yan ürünüyle, W. C. Roentgen'in X-ışınları (1895) ve keşfedilen ilk temel parçacık olan J.J. Thomson'ın elektronu (1897) ile insanlığa malum olmuştu. Nükleer fizik açısından kritik tarihi olay tamamen tesadüf eseri olarak, H. Becquerel'in radyoaktiviteyi keşfiyle (1896) başladı (Basdevant ve Sirpo, 2004, s. 5). Bu araştırmalar başta insanlığa- sağlık sektörüne ve hayat standartlarının yükseltilmesi için gereken faktörlere hizmet etmeyi hedeflemişti. Son yüzyılda, eğitim, teknoloji ve tıbbın gelişimi sonucu bir sıra ölümcül hastalıklar tedavi edilmiş ve yaşam standartları daha da kaliteli bir hale getirilmeye çalışılmıştı. Bu durum, bilim ve teknolojinin toplumsal fayda sağlama potansiyelini ortaya koymaktadır. Ancak, bu hedeflerin gerçekleştirilmesi sürecinde ortaya çıkan etik sorunlar ve uygulama farklılıkları, araştırmaların yönünü değiştirebilmektedir. Lakin eğitim ve teknoloji

yalnızca tıbbi alanla sınırlı kalmamış, teknolojik araştırmalar ve icatlar askeri alana dahil olunca dünya, XX. yüzyılda iki büyük yıkıcı savaşa şahitlik etmişti. Bu durum, teknolojinin iki farklı amaca hizmet etme potansiyelinin yanı sıra, insani değerlerin ihlaline de yol açabileceğini göstermektedir. Böylece, bilimsel ilerlemenin ikili doğası, savaş ve barış arasındaki dengenin ne denli hassas olduğunu ortaya koymaktadır. Dönemin gerektirdiği talep üzerine, nükleer maddeler ve uranyum üzerindeki bilimsel çalışmalar nükleer silahların oluşumunu tekvin etmiştir. Bilgi ve teknolojinin askeri amaçlarla kullanılmasının son derece yıkıcı olabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, bilim ve teknolojinin ilerlemesi, insani fayda sağlama hedefinin yanı sıra, potansiyel tehditler ve riskler de barındırmaktadır. Bilimsel araştırmaların idealist bağlamda yönlendirilmesi ve etik çerçevesinin oluşturulması, toplumsal ve uluslararası barış açısından büyük bir öneme sahiptir.

Bilim ve askeriyenin iş birliğiyle gerçekleştirilen tarihi öneme sahip projelerden biri olan Manhattan Projesi, bilimsel ve teknolojik ilerlemeleri nükleer enerji ve uranyumun askeri potansiyeli çerçevesinde kullanarak atom bombalarının üretimini sağlamıştır; bu durum, II. Dünya Savaşı'nın seyrini değiştiren yıkıcı sonuçlar doğurmuştur. Manhattan Projesi, 1942'den 1946'ya kadar süren yüksek maliyetli bir askeri bilimsel proje olmuştur. Almanya'nın nükleer çalışmalar yapabileceği konusunda endişelenen ABD'nin nükleer fizikçileri projenin hızlandırmasını önermişlerdi. Aralık 1941'deki Pearl Harbor saldırısının ardından ABD, II. Dünya Savaşı'na girince Başkan Franklin D. Roosevelt, Ocak 1942'de atom bombasının geliştirilmesi için gizli ve geçici bir onay verdi. Görev, Ordu Mühendislik Birliği'ne teslim edildi ve projeyi yönetmek amacıyla Manhattan Mühendislik Bölgesi kuruldu. Proje için New Mexico, Los Alamos'ta bir bomba araştırma ve tasarım laboratuvarı inşa edildi. Üretim etkinliğiyle ilgili belirsizlikler nedeniyle, reaktörler için iki olası yakıt; Tennessee, Oak Ridge'deki uranyum zenginleştirme tesislerinde ve Washington, Hanford'daki plütonyum üretim tesislerinde üretildi (Stine & Congressional Research Service, 2009). Temmuz 1945'te Los Alamos'un güneyinde, uranyum ve plütonyum kullanılarak üretilen bomba başarıyla test edildi. Ağustos 1945'te Japonya saldırısından sonra ise proje ekibi işini tamamladığını bildirdi. 1946'da ülkenin gelecekteki atom faaliyetlerini yönetmek için sivil Atom Enerjisi Komisyonu kuruldu ve Manhattan Projesi resmen sona erdi.

Nükleer silahlar, İkinci Dünya Savaşı'nın son yıllarında geliştirilmiş olmasına rağmen, Soğuk Savaş döneminde ulusal güvenlikte önemli bir rol oynamıştır. Uranyum ve nükleer madde üzerine yapılan çalışmalar artırılmış ve bilimsel nitelikli özel komiteler kurulmuştur. Bilimsel çalışmaların yürütüldüğü tesis ve laboratuvarlar gizli faaliyetler yürütse de bir İngiliz belgesi sayesinde SSCB, nükleer bombanın üretilmesinin mümkün olduğunu öğrenmiştir (NSA- 1- 2, 335-336). SSCB'nin polis teşkilatının istihbarat birimi, fizikçi Igor Kurçatov'un liderliğinde Enormoz projesini başlatmıştır (Aras, 2019, s. 15). Savaş çağında oluşan zaruretten dolayı, konvansiyonel rekabet nükleer güç yarışına ve bilimin askeri ve ideolojik araca dönüşmesine sebep olmuştur. Nükleer silahların insanlık için oluşturduğu büyük tehditler—büyük patlamalar, radyasyon kirlenmesi ve iklim değişikliği—bu dönemde tespit edilmiştir. Soğuk Savaş'ın ilk yıllarından itibaren büyük güçler güvenliğinin temini için nükleer silahlar ve onları hedefe taşıyacak sistemler üzerinde yeni teknolojik modernizasyon işlemleri gerçekleştirilmişti (Sokolski, 2012, s. 387). Bu bağlamda, nükleer fizikçilerin ısrarı ve uyarısı üzerine Birleşmiş Milletler konuyu gündeme almış, Atom Enerjisi Komisyonu'nu kurulmuştur. Çünkü Atom bombası üzerine yapılan çalışmaların askeri faaliyetlere etkisi nükleer silahlanma yarışı ile sınırlı kalmamış nükleer araştırma yarışının da ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Soğuk Savaş dönemi iki kutuplu sistemin hegemonik güçleri arasındaki bu yarış 1962'de yaşanan Küba Füze Krizi ile doruk noktasına ulaşmıştı. Atom bombaları, sadece düşman devlete karşı yıkıcı etkiler yaratmakla kalmayıp, bu silahlara sahip olan devletlere uluslararası politika alanında güç kazandırarak 'caydırıcılık'larını da anlayışını pekiştirmiştir. Ancak bu durum, nükleer araştırma tesislerinin artışı ve silahların yaygınlaşmasıyla sonuçlanarak, bilim etiği açısından son derece tartışmalı bir hale gelmiştir. Reel Politik çerçevede yarışmanın kaçınılmaz olduğunu anlayan bilim insanları hükümetleri nükleer silahlanma yarışına son vermek veya nükleer imalatı bilinçli kontrol altında tutmak için bir dizi

çalışmalar yapmıştır. Atom Bilimciler Bülteni (sonradan ABAF), Pugwash Bilim ve Dünya İşleri Konferansları ile topluma nükleer tehlikenin boyutları ve olası riskler hakkında bilgili veren nükleer bilimciler, siyasetin ve askeri faaliyetlerin karşısında durmaya çalışmışlar. Bilimin tarafsızlığını “1954 Manifestosu”yla ilan eden bilim insanları “Nükleer Kış” terimini ispat ederek atom silahına karşı gerekli tepkiyi gündem konusu yapmışlar. Bu çabalar, nükleer silahların yarattığı tehditlere karşı toplumsal bilinç oluşturmayı ve uluslararası güvenliği sağlamayı hedeflemiş, Birleşmiş Milletler, Dünya Sağlık Örgütü ve diğer siyasi kuruluşların nükleer silahların kısıtlanması konusunda kararlar kabul etmesine önayak oluşturdu. böylece, rakibin daha güçlü ve yüksek kapasiteli silahlara sahip olma olasılığını ortadan kaldırma amacı doğrultusunda nükleer fizik alanında gerçekleştirilen araştırmalar, etik bir çerçevede yürütülmesi bakımından büyük önem arz etmektedir.

Çalışma, Bilimsel Araştırmaların Nükleer Silahlara Evrilmesi teması etrafında şekillenmiştir. Araştırma, nükleer ve radyoaktif maddelerin bilimsel olarak incelenmesi ile başlayıp, Soğuk Savaş dönemi askeri-bilimsel gelişmelerin incelenmesiyle devam etmektedir. Makale, tarihsel bir perspektif sunarak, bilimsel araştırmaların askeri amaçlarla nasıl ilişkilendirildiğini detaylandırmaktadır. Çalışma, NARA (National Archives), NSA (National Security Archives) ve US Department Archives gibi resmi arşivlerden elde edilen belgeleri içermektedir. Bu belgeler, dönemin bilimsel ve askeri stratejileri hakkında doğrudan bilgi sunmakta, politik kararların arka planını aydınlatmaktadır. Nükleer araştırmalar, bilimsel etiğin bozulması ve Soğuk Savaş dönemi bilim insanlarının tepkileri üzerine mevcut akademik çalışmalardan ve tarihsel literatürden yararlanılmıştır. Bu kaynaklar, makalenin teorik çerçevesini oluşturmakta ve tartışmalara zemin hazırlamaktadır. Araştırma, tarihsel olayları ve gelişmeleri takip ederek, bilimsel araştırmaların zamanla nasıl nükleer silahların geliştirilmesine evrildiğini incelemektedir. Bu bağlamda, tarihsel olaylar arasındaki bağlantılar ve nedensellik ilişkileri analiz edilmiştir. Nitel verilerin kullanıldığı bir yaklaşım benimsenmiştir. Bu sayede, elde edilen verilerin zenginliği ve çeşitliliği, daha kapsamlı ve derinlemesine bir analiz yapılmasına olanak tanımaktadır.

1. NÜKLEER VE RADYOAKTİF MADDELERİN BİLİMSEL ARAŞTIRILMASI

1903 yılında, üçüncü Nobel Fizik Ödülü, Henri Becquerel ile Pierre ve Marie Curie'ye verilmiştir. Henri Becquerel, radyoaktiviteyi keşfetmiş; Pierre ve Marie Curie ise uranyumun bozulması sırasında ortaya çıkan farklı radyoaktif elementleri kimyasal olarak izole ederek radyoaktivitenin çeşitli özelliklerini aydınlatmışlardır. Ayrıca, Ernest Rutherford, 1911 yılında gerçekleştirdiği bir dizi çarpıcı deney ile atom çekirdeğini keşfetmiştir (Basdevant; Sirpo, 2004, s. 13). XX. yüzyılın başlarında İngiliz kimyacı Frederick Soddy ve fizikçi Ernest Rutherford, radyoaktivitenin enerjisini serbest bırakmakla dünyayı atomik bir geleceğe götüren çağın temellerini atmış oldu. F. Soddy ve ekibi, yapılan bu araştırmalar sonucu insanlığın, çöl kıtasını ve donmuş kutupların kaderini değiştireceğini ve dünyayı cennet bahçesi gibi bir yer haline getireceğini iddia etmekteydi. Radyoaktif deneylerin gerçekleşmesi için karmaşık ekipmanlara ihtiyacın ortaya çıkması, büyük hızlandırıcılar gibi radyum araştırmalarının deneyi için sabit-saha tesislerinin yapılmasını gerektirmekteydi (Gönenç, 1983, s. 86). Bu gereksinimleri karşılamak amacıyla önemli bütçelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bütçenin temin edilmesi için fizik bilimcilerin siyasetçileri ikna etmesi ve yürütülen araştırmaların sürdürülebilir bir gelecek oluşturacağına dair inandırıcılık sağlaması temel odak noktası olmuştur. Aynı zamanda, bilimsel araştırmaların ikna edici bir şekilde sunulması, multidisipliner bir yaklaşım gerektirmektedir. Bu süreçte, bilim insanlarının, ekonomi, çevre bilimi, sosyal bilimler ve politika alanlarından uzmanlarla iş birliği yaparak, projelerin potansiyel etkilerini daha geniş bir perspektiften ele alması önemliydi. Böylece, araştırmaların toplumsal kabulü artırılabilir ve gerekli bütçelerin temin edilmesi konusunda daha güçlü bir argüman ortaya konulabilirdi. Sonuç olarak, F. Soddy'nin vizyonunu gerçeğe dönüştürmek için gerekli finansmanın sağlanması, bilimsel topluluğun yanı sıra politika yapımcılar ve halk arasında etkili bir iletişim ve iş birliği gerektirmekteydi. Bu dinamiklerin etkin bir şekilde yönetilmesi, sürdürülebilir bir gelecek oluşturma çabasının başarısını belirleyecekti.

Ernest Rutherford'un proje yöneticiliğini üstlendiği ve 30.000 £ bütçe ile kurulan Cavendish Laboratuvarı, Cambridge, İngiltere'de kurulmuş olup, benzeri araştırmalar için bir saha tesisi işlevini üstlenmiştir (Krahg, 2012, s. 42). İki savaş arası dönemde, Cavendish Laboratuvarı nükleer fizik alanında önde gelen bir araştırma tesisi olarak tanınmaktaydı (Akay; Nalçacı, 2019, s. 3). Esas araştırma maddesi radyum olan bu tesisin kurucuları, radyoaktif maddenin sağlık sektöründeki önemine dikkat çekerek toplumun araştırma masraflarına yönelmiş tepkisini azaltmıştı. Böylece, 1908'de Nobel Ödüllü Rutherford "Nükleer Fizik" in temelini sağlam adımlarla atmış oldu (Heilbron, 2003, s. 93). 1932 yılında nötronun İngiliz fizikçi James Chadwick tarafından keşfi, radyoaktivite çalışmalarına yeni bir ivme kazandırmıştı. Çünkü bu yüksüz atom parçacığı, atom çekirdeğine daha başarılı bir şekilde nüfuz edebilmişti (Science History Institute). 1934 yılında İtalyan fizikçi Enrico Fermi, nötronların birçok atomu bölmeyle sonuçlanan deneyler gerçekleştirmiştir. Aynı yıl, Fermi, uranyum atomlarını nötronlarla bombardıman ederek ilk yapay nükleer bölünme tepkimesini gerçekleştirmiştir. 1938 yılının sonbaharında Alman bilim adamları Otto Hahn ve Fritz Strassmann, uranyumdan çok daha hafif bir element olan Baryum'u ürettiklerini Kopenhagen'de bulunan Lise Meitner'e bildirmişlerdi. Lise Meitner, o dönem, Nazi Almanya'sından kaçmak zorunda kalan Avusturyalı fizikçilerden biri idi. Yerel siyasetin toplumu yansıtmadığını idrak eden birçok Alman bilim insanları gibi L. Meitner olası tehlikenin boyutlarını tecrübe edinen bilim insanıydı. Meitner, Niels Bohr ve yeğeni Otto R. Frisch ile çalışmış ve kayıp kütlelerin enerjiye dönüştüğünü göstermek için Albert Einstein'ın teorisini kullanmıştı. Deney, bu fizyonun gerçekleştiğini kanıtlamış ve Einstein'ın çalışması doğrulanmıştı (Wellerstein, 2013, s. 42). Nazizm gibi tehlikelerin boyutlarını kavrayan bilim insanları, benzer çalışmaların karşı tarafta da yapılma olasılığını dikkate almışlardır. Bu durum, bilim insanlarının yalnızca kendi ülkelerindeki gelişmeleri değil, uluslararası arenadaki tehditleri de göz önünde bulundurarak stratejiler geliştirmelerine yol açmıştır. Bilimsel çalışmalar genel itibarıyla İkinci Dünya Savaşı öncesinde ve sırasında büyük patlayıcılar ile savunma silahlarının geliştirilmesine yönelik olarak gerçekleştirilmiştir.

İtalyan faşizminden kaçan Enrico Fermi, nükleer kontrollü zincir reaksiyonlarını gerçekleştirmek amacıyla Chicago Tesisi (CP-1) için inşaat projesi hazırlamıştır. 1939 yılında Fermi, Leo Szilard ile birlikte Chicago tesisinde nükleer zincir reaksiyonu oluşturabilecek bir düzenek kurmayı başarmıştır (İncekara; Şekercioğlu, 2020, s. 543). İlk kez radyoaktif olarak tehlikeli bir madde olan grafit yığınları, nötronları yavaşlatmak amacıyla bu tesiste kullanılmıştır (Wellerstein, 2013, s. 43). Siyasi uzantılarını ve ikna yeteneklerini etkin bir şekilde kullanan fizik bilimciler, dönemin kaotik koşullarında çözümler üretmek amacıyla büyük bütçeli tesisler ve laboratuvarlar kurmayı başarmışlardır. Bu durum savaş dönemindeki bilim insanlarının hem ulusal hem de uluslararası düzeyde stratejik bir rol oynadığını, bilimsel araştırmaların toplumsal ve siyasi bağlamda nasıl şekillendiğini ve savaşın etkisiyle ortaya çıkan yeni bilimsel ve teknolojik dinamikleri vurgulamaktadır. Bilim, yalnızca askeri amaçlarla değil, aynı zamanda toplumsal bilinç ve etik sorumluluklarla da iç içe geçmiş bir alan haline gelmiştir.

1932-1938 yılları arasında atomun içeriği, özellikle proton ve nötronlar, detaylı bir şekilde incelendikten sonra dikkatler nükleer maddeye yönelmiştir. 56 proton ve 82 nötrondan oluşan uranyum, enerji gücü ve parçalanma potansiyeli ile aslında çok daha değerli bir madde olduğunu göstermektedir (Beggott, 2011, s. 23). Alman bilim adamları Otto Hahn ve Fritz Strassmann'ın uranyumun sıcak nötronlarının bölünmesi üzerine gerçekleştirdiği akademik çalışmalar, 26 Ocak 1939 tarihli Washington Konferansı'nda ilk kez bilim dünyasına sunulmuştur. Bu bilgi, Niels Bohr tarafından Mart ayında hükümet yetkililerine iletilmiştir (Artemov, 2014, s. 7). Danimarkalı Yahudi asıllı Niels Bohr, Nazi zulmünden kaçan bir başka fizikçi olarak tanınmaktadır. Niels Bohr, Washington'daki teorik fizik konulu bu konferansta İtalyan fizikçi Enrico Fermi ile bir araya gelmiştir. Konferans sonrasında, dünyanın dört bir yanındaki bilim adamları, kendi kendine devam eden bir zincirleme reaksiyonun mümkün olabileceğine inanmaya başlamışlardır. Konferansta, uygun koşullar altında yeterli miktarda uranyumun bir araya getirilmesinin bu teoriyi kanıtlamak için yeterli görüldüğü belirtilmiştir (Murray; Holbert, 2015, s. 4). Bilgiyi alan

E. Fermi de bu maddenin savaşta kullanılmasının mümkün olabileceği hakkında Beyaz Saray'ı uyarmıştı. Hemen ardından, 2 Ağustos 1939'da Albert Einstein E. Fermi'nin ısrarı üzerine mektup yazarak Franklin Roosevelt'i uyarmış (Belous; Burdayev; Gagın; Greshilov, 2009, s. 14) ve bu araştırmaların sonucu olarak akıl almaz büyük güçte bombanın üretilmesi ihtimali olduğunu şöyle bildirmiştir: "Fizik dünyasında yapılan faaliyetlerden izlenimim şudur ki, Uranyum kendini çok hızla yenileyebilme özelliğine sahiptir, bu özellik uranyum'un çok büyük enerji kaynağı olabileceğini göstermektedir. (...) bu yeni bileşim akıl almaz güçte bomba üretiminde kullanıma yatkındır. Onu da söylemem gerekiyor ki, uranyum maddesine büyük ilgi olduğu bilindikten sonra Almanya'dan Çekoslovakya'ya uranyum'un ihracı durdurulmuştur" (Allison, 2010, s. 76). Mektupta Einstein, Almanya'nın uranyum ihracatını yasakladığını belirtmekte ve nükleer araştırmalar konusunda ABD Hükümetini uyararak bu çalışmaların hızlandırılması gerektiğini açıkça ifade etmektedir (Sreebny, 2010, s. 8). A. Einstein ile kişisel ilişkileri nedeniyle nükleer zincirleme reaksiyon bombasının tehlikeleri hakkında bilgiye kayıtsız kalmamıştır (Einstein, 1939). Mektubun A. Einstein'a imzalanmasının bir diğer önemli nedeni ise Belçika Kraliyet Ailesi ile olan ilişkilidir. Szilard ve E. Wigner'in tespitlerine göre, Belçika Kongo'sunda uranyum madenleri bulunmaktaydı ve bu rezervlerin Kraliyet Ailesi tarafından gözetim altında tutulması gerekmektedir. Böylece Franklin D. Roosevelt, 19 Ağustos 1939 tarihinde uranyum üzerine bir bilimsel araştırma komisyonu kurulması talimatını vermiştir (Artemov, 2014, s. 11).

ABD Başkanının komisyon kurulma kararını tetikleyen olaylardan bir diğeri, Alman ve Amerikan bilim insanları arasındaki mektuplaşmaların ABD ajanları tarafından deşifre edilmesidir. Özellikle, Almanya'nın uranyuma olan ilgisinin artmasıyla, Alman bilim adamı Erik Bagge "Uranyum Bilim Kurulu"nu düzenlemiş ve bu kurul, uranyumun sürekli artan ve güçlenen reaksiyonları üzerine çalışmalarını aktif bir şekilde yoğunlaştırmıştır. Böylece, Almanlar, ALSOS misyonuna kadar atom silahları üretme projeleri geliştirmiştir. Alman bilim adamı E. Bagge 25 Eylül'de, ABD'de bulunan hocasına yazdığı bir mektupta artık orduya hizmette bulunduğunu ve bilimsel çalışmalarını bu bağlamda yürüteceğini bildirmiştir (Beggott, 2011, s. 28). Bilim insanları arasındaki iletişim sonucu elde edilen bu bilgi, ABD ajanları tarafından deşifre edilmiş ve Franklin D. Roosevelt, hemen uranyum-235 ve uranyum-238 üzerine yapılan çalışmaların artırılması talimatını vermiştir. Almanya'da bulunan bir fizikçinin ABD vatandaşı meslektaşına gönderdiği mektup, hükümetin alarm sinyallerini çalmasına neden olmuştur. Bilime ve araştırmalara yapılan yatırımlar sonuçsuz kalmamış ve Nisan 1940'da uranyum maddesinden üretilebilecek nükleer bileşenin 1800 ton trinitrotol patlayıcı gücünde olduğu, bununla birlikte yakıcı (yok edici) radyasyon ürettiği anlaşılmıştır (Khubert).

Bu tarihlerde, olaylara daha ciddi bir yaklaşım sergilemeye başlayan ABD, uranyum hakkında daha fazla bilgi elde etmek amacıyla bir dizi bilimsel ve askeri kuruluş oluşturmuştur. ABD Başkanı'nın Uranyum Danışma Komitesi, ilk olarak Ekim 1939'da toplanmış ve hükümetin uranyum üzerine sınırlı bir araştırma fonu sağlamasını önermiştir. Birkaç yıl içinde bu organizasyon, nükleer bomba için gereken fisyonlanabilir malzemeleri üretme kapasitesine ulaşmıştır (NSA- RG 227 1,- 2,- 1; Gosling, 2010, s. 26). Bu durum, süreçteki askeri ve bilimsel entegrasyonu açıkça ortaya koymaktadır. Nükleer fizik alanındaki gelişmelerin uluslararası düzeyde nasıl bir etkileşim içerisinde şekillendiği ve bilimsel araştırmaların siyasi kararlarla nasıl iç içe geçtiği, bilim ve siyasetin dinamik ilişkisini anlamak açısından kritik bir öneme sahiptir. İkinci Dünya Savaşı öncesinde ve sırasında gerçekleştirilen bu çalışmalar, nükleer silahların üretiminde kritik bir dönemeç teşkil etmiş ve bilimin askeri strateji üzerindeki etkisini belirgin bir şekilde gözler önüne sermiştir.

2. NÜKLEER ARAŞTIRMALARDAN NÜKLEER SİLAHLARA DOĞRU

İkinci Dünya Savaşı'nın başlamasının hemen ardından yeni tür enerji ve silahlara olan talep, hiç olmadığı kadar artış göstermiştir. Uranyumun üzerinde yapılan çalışmalar, özellikle uranyum-

235'in savaşta kullanılabilecek etkili bir patlayıcı haline gelmesi için yalnızca ABD bilim adamlarının çabalarının yeterli olmayacağını ortaya koymuştur. Bu bağlamda, ABD, İngiltere ve Fransa'daki fizik laboratuvarlarından yardım talep edecektir (Bekman, 2005). 1940'lı yılların başlarında uranyum kullanarak zincirleme reaksiyonlar üzerine önemli çalışmalar yapan Fransız bilim insanları, Haziran 1940'ta Almanların işgaliyle karşılaşınca araştırmalarını durdurmak zorunda kalmışlardır. Bu nedenle, Fransa ile birlikte proje yürütülmesi mümkün olmamıştır. Aynı dönemde, savaşın başlarında nükleer çalışmalara önemli teorik katkılar sağlayan İngilizlerin, hayatta kalmak için savaştıkları bir ortamda tam teşekküllü bir atom bombası araştırma programı yürütmeleri neredeyse imkânsız hale gelmiştir (Gosling, 2010, s. 52). Buna rağmen, İngiltere, ABD'nin birçok projesine bilim insanı ve maddi destek sağlamıştır.

1940'ın başında fizikçi, R. Peierls ve O. Frisch konu ile ilgili bir bildiri yayınlayarak İngiltere Hükümetinin bilim danışmanı Henry Tizard'a (1885-1959) ulaştı. Böylece, H. Tizard, R. Peierls ve O. Frisch'in bilimsel araştırmaları (filyon silahının olasılıkları üzerinde çalışmaları) için kod adı MAUD olan özel komite kuruldu. Komiteye destek Metropolitan-Vickers tekeli tarafından sağlanmaktaydı. Daha sonra "Tube Alloys" olarak bilinen proje atom bombasının yaklaşık 3 yıl içinde yapılacağı tahmin etmekteydi (Gül, 2021, s. 58).

Savaşın ortalarında, MAUD Komite üyeleri Churchill'in dikkatini nükleer enerjiye çekmeye çalıştı. Bilim adamları ve siyasetçiler arasındaki mektuplaşmalarda bu maddenin çok güçlü silaha dönüştürülmesi meselesi aktüel hal almaya başladı (Belous; Burdayev; Gagin; Greshilov, 2009, s. 22). 1940'ların başlarında Uranyum komitesi, hükümetin Fermi ile Szilard'ın Columbia'daki zincirleme reaksiyonlar üzerindeki çalışmalarını ve izotop ayırımı sınırlı bir şekilde finanse edebileceğini belirtti (DOE-MA-0001-01/99, s. 5). 1940'ın yazında ABD ve İngiltere bilim adamları, Chicago araştırma tesisinde ve MAUD Komitesi bünyesinde bu madde üzerine araştırmaları birlikte yürütme kararı aldı (NARA, RG-60, 146-7-23-25,1; Hughes, 2002, s. 15). Nükleer bomba yapımının mümkün olduğunu belirten bilim insanlarına binaen Churchill, 1941'in yazında şöyle bir konuşma yapmıştır: "Biz eminiz ki nükleer bombanın yapımı mümkündür ve bu patlayıcı savaşta çok önemli değişime neden olacaktır" (Artemov, 2014, s. 13). Siyasi açıklamaların ardından bilimsel araştırmaların hız kazanması kaçınılmaz olmuş ve 1941'de E. Fermi ve L. Szilard, zincir reaksiyonunu mümkün kılan tasarım önerisinin hazır olduğunu belirtmiştir. 9 Ekim 1941'de ise F.D. Roosevelt bu alanda hızlı ve tam ölçekli araştırmaların yürütülmesine resmi olarak onay vermişti (Gosling, 2010, s. 32). Pearl Harbor saldırısı üzerine nükleer fizik çalışmalarına ayrıca öncelik verilmeye başlanmış iş vatani göreve dönüşmüştür.

Uranyum Komitesi'nin 1 Kasım 1939'da yayımlanan ilk raporuna göre, Columbia Üniversitesinin başarı konusundaki belirsizliklere rağmen hükümetin derhal dört ton grafit ve elli ton uranyum oksit temin etmesi önerilmiştir (DOE-MA-0001-01/99, s. 6). Şubat 1940'ta hükümet Donanma bütçesinden 6.000 dolar ayırarak ilk Atom Enerjisi fonunu tahsis etmiştir. (Fermi at Columbia | Department of Physics, n.d.). Roosevelt, Haziran 1940'ta yürütme organı içinde bilimsel topluluğun temsil edilmesi için bir sesin oluşturulmasını onaylamıştır. Vannevar Bush'un başkanlığındaki Ulusal Savunma Araştırma Komitesi, Uranyum Komitesi'ni bilimsel bir organ olarak yeniden yapılandırmış ve askeri üyeliği ortadan kaldırmıştır. Uranyum Komitesi'nin aksine, ordunun finansmanına bağımlı olmayan Ulusal Savunma Araştırma Komitesi, nükleer araştırmalar için daha fazla etki ve mali kaynaklara doğrudan erişim imkânına sahip olmuştur. 1939 ve 1940 yıllarında izotop ayırımı ve zincirleme reaksiyon yığınları üzerine gerçekleştirilen çalışmaların çoğu, öncelikle özel vakıflar tarafından finanse edilen akademik bilim insanları tarafından üniversite laboratuvarlarında yürütülmüştür (DOE-MA-0001-01/99, s. 7). Pearl Harbor saldırısının akabinde ise Ohio Devlet Üniversitesi Kalkınma Fonu, projeye bütçe ayırmayı kabul etmiştir. 'OFMSr-786 numaralı Sözleşme', Ohio Devlet Üniversitesi Araştırma Vakfı aracılığıyla 15 Eylül 1942 tarihinde, başlangıçta 25.000 dolarlık (sonradan 30.000 dolara çıkarılan) bir bütçe ile altı aylık bir süre zarfında kurumsal çerçeveye kavuşturulmuştur (Rai Goerler & Johnston, 1991, Section 3).

Literatürde projenin işleyişi ve ehemmiyeti ile ilgili şöyle bir bilgi verilmektedir: “1941 yılının Aralık ayında, Amerika Birleşik Devletleri Bilimsel Araştırma ve Gelişme Ofisi Başkanı Vannevar Bush (1890-1974), bu projenin çeşitli aşamalarını şekillendirmekle görevlendirildi. Bu aşamalar arasında 1) zincir reaksiyonu, 2) silah teorisi, 3) izotop ayırıştırma yöntemleri, 4) parçalanabilir materyallerin özellikleri ve 5) sanayi ölçeğinde üretim planlaması yer alıyordu. Proje, ölçek ve amaçlar açısından büyüdükçe, koordinasyonu sağlamak için askeri desteğin gerekli olduğu anlaşılmıştır. Bunun üzerine, ordu mühendisleri, bombanın üretileceği ve bu amaçla gereken materyallerin temin edileceği büyük yapıları inşa etmek üzere görevlendirilmiştir. Bu mühendis grubu, Manhattan, New York'taki merkezi ofislere verilen masum bir kod adıyla anılmış ve halk arasında 'Manhattan Projesi' olarak tanınmıştır.” (Smyth, 1948, s. 72).

1942'nin başlarında, Enrico Fermi liderliğindeki bir grup bilim insanı, bu projenin teorileri üzerine bilimsel araştırmaları geliştirmek amacıyla Chicago Üniversitesi'nde bir araya gelmiştir. Başlangıç çalışmaları sonucunda, Kasım 1942'de dünyanın ilk nükleer reaktörü olarak bilinen Chicago Pile-1 denemeye hazır hale gelmiştir. Chicago'da yürütülen araştırma ve çalışmalar, zincir reaksiyonunu hızlandırmayı başarmıştır (Murray; Holbert, 2015, s.6-7). Böylece, nükleer madde araştırmaları, siyasi ve askeri bir eylem olarak İkinci Dünya Savaşı ile birlikte etkili bir silah geliştirme operasyonuna dönüşmüştür.

Proje, ABD Savaş Departmanı'na devredilmiştir. Nükleer fizikçilerin önerisi üzerine ABD Hükümeti, çok sayıda pilot tesisi, laboratuvar ve üretim tesisinin inşa edilmesinin gerekliliğini vurgulamıştır. Bir araya toplanan bilim insanlarının görevlerini yerine getirebilmeleri için ABD Hükümeti tarafından Mühendisler Birliği Kolordusu oluşturulmuştur. Haziran 1942'de, Mühendisler Birliği'nin Manhattan Bölgesi'nde inşaat işlerinin yönetimine atanan General Leslie Groves, proje ile ilgili tüm ordu faaliyetlerinden, özellikle mühendislik faaliyetlerinden sorumlu yetkili olarak atanmıştır (German Chain of Command in Western Europe). 1942 yılında, askeri ve akademik alanlarda eşit derecede önemli teorik çalışmalar yürütülmekteydi ve bu çalışmalar, Kasım ayında alınan kararlar üzerinde belirgin bir etki yaratmıştır. Bu bağlamda, Robert Oppenheimer, Felix Bloch, Hans Bethe, Edward Teller ve Robert Serber gibi önde gelen teorik fizikçilerin çalışmalarını yönlendirmekte iken, John H. Manley, Chicago'daki Metalurji Laboratuvarı'ndan ülke genelinde füzyon araştırmalarını ve enstrüman ile ölçüm çalışmalarını koordine ederek Oppenheimer'a destek olmuştur (DOE-MA-0001-01/99, s. 14). Yeni laboratuvarın başına akademik alanda yönetici olarak atanan J. Robert Oppenheimer, idari deneyimsizliği, solcu politik eğilimleri ve yöneteceği bazı bilim insanlarının Nobel Ödülü kazanamamasıyla ilgili ilk endişelere rağmen, mükemmel bir yöneticilik yeteneği sergilemiştir Groves, Oppenheimer ile etkili bir iş birliği gerçekleştirmiştir; ancak, her ikisi de temel mizaçları itibarıyla farklılıklar göstermektedir. Groves, pratik düşüncelere sahip, sert ve hedef odaklı bir asker profili çizerken, Oppenheimer daha soyut ve teorik bir yaklaşım benimsemiştir. Groves-Oppenheimer ikilisi, yakınlık içermese de karşılıklı saygıya dayanmaktaydı ve bu Manhattan Projesi'nin başarısında önemli bir faktördü (DOE-MA-0001-01/99, s. 15). Projenin tesisi için Şubat 1943'de Oak Ridge'de ve Mayıs 1943'de Hanford'da inşaat çalışmaları başlatıldı (Gosling, 2010, s. 46). Tesiste projenin gerçek amacından habersiz 22.000 görevli çalışmaktaydı (Akay; Nalçacı, 2019, s. 9). Birçok açıdan, Manhattan Mühendis Bölgesi diğer büyük inşaat şirketleri gibi faaliyet göstermişti. Siteler satın almış sözleşmeler yapmış, personel ve taşeronlar kiralamış, konut ve hizmet tesisleri inşa etmiş, malzeme siparişi vermiş, idari ve muhasebe prosedürleri geliştirmiş ve iletişim ağları kurmuştur. Savaşın sonunda General Groves ve ekibi, Tennessee, Washington ve New Mexico eyaletlerinde inşa edilen üretim tesislerine ve kasabalara ve ayrıca Columbia'dan Berkeley'e üniversite laboratuvarlarında yapılan araştırmalara yaklaşık 2.2 milyar dolar harcadığını belirtmişti. Manhattan Projesi'ni benzer işlevleri yerine getiren diğer şirketlerden farklı kılan şey, hızlı bir şekilde hareket ederek, kanıtlanmamış ve şimdiye kadar bilinmeyen süreçlere yüz milyonlarca dolar yatırımın tamamen gizli bir şekilde yapılmış olmasıdır. Hız ve gizlilik Manhattan Projesi'nin parolası olmuştur (Gosling, 2010, s. 20). Manhattan Projesi olarak bilinen ve ABD'nin, Britanya'nın ve Avrupa diasporasının en üstün akıllarından beslenen Amerikan girişimi, nükleer araştırmalar üzerine yapılan bütün çalışmaların

mihenk taşı olmuştur. Bu tesiste, 1944 baharında tarihte ilk kez burada zenginleştirilmiş uranyum ve plütonyum üretilmiştir. Çalışmaların hemen akabinde zenginleştirilmiş plütonyum 1944 Eylül'de Los Alamos'a gönderildi. 1945 yılının yazında, Hanford Worksten'de üretim için yeterli plütonyum-239 miktarı mevcut olmuş ve nükleer patlayıcı üzerine gerçek bir saha testinin planlanabilmesi için silah gelişimi ve tasarımı yeterince ilerlemişti.

İlk atom bombası, 16 Temmuz 1945 tarihinde sabah saat 05: 30'da New Mexico'nun 193 km Güney'inde bulunan Alamogordo hava üssüne yakın bir yerde patlamıştı. Bomba, ekipmanlarla çevrili çelik bir kulenin tepesinde denenmiş ve bilim adamları tarafından sığınaklarda uzaktan izleme yapılmıştı. Patlama şiddetli bir ışık parlaması, ani bir ısı dalgası ve devamında şok dalgası ve radyasyon yayılması ile tamamlanmıştı. Yükselen ateş topunun ardından, 12.200 metreye kadar uzanan bir mantar bulutu oluşmuştu (German Chain of Command in Western Europe). Amerika Birleşik Devletleri, 1945'te ilk nükleer testini gerçekleştirdiğinde, Almanya teslim olmuş ve Alman atom bombası tehdidi artık ortadan kalkmıştı. Lakin yeni silahın yıkıcı yetenekleri Küçük Çocuk (Little Boy) olarak adlanan uranyum bombası Japonya'nın Hiroşima ve Şişman Adam (Fat Man) olarak bilinen plütonyum bombası ise Nagazaki şehirlerini harabeye çevirmişti (Norris; Kristenser, 2009, s. 72). Bunu öngörerek, nükleer araştırmalarda aktif çalışan bilim adamları, E. Lapp, L. Szilard, 17 Temmuz 1945'de H. Truman'a dilekçe yazarak Alman tehdidinin bitmesi sonucu bu silahın Japonya'da kullanımının fazla sorun çıkaracağı bildirmişlerdi (NSA, RG 77, H-B, 76).

Manhattan Projesi ve benzeri girişimler, İkinci Dünya Savaşı sırasında Nazi tehlikesine karşı savunma amacıyla gerçekleştirilmiş ve nükleer silahların geliştirilmesinde tarihi bir dönüm noktası olmuştur. Bu projeler, atom enerjisinin askeri potansiyelini açığa çıkararak savaşın seyrini değiştirmiştir. Ancak, nükleer silahların ortaya çıkışı, uluslararası güvenlik dinamiklerini derinden etkilemiş ve nükleer silahların yayılmasını önlemek amacıyla küresel düzeyde yeni düzenlemelere ihtiyaç duyulmasına yol açmıştır. Bu bağlamda, silahın gerçek anlamda kullanımına karşı çıkanların, o silahı üreten bilim insanları olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, nükleer araştırmaların etkisi hem tarihi hem de güncel bağlamda geniş bir yelpazeye yayılmaktadır.

3. SOĞUK SAVAŞ DÖNEMİ ASKERİ-BİLİMSEL GELİŞMELER

1950'lerden itibaren daha fazla üretilen ve üzerinde modifikasyon çalışmaları gerçekleştirilen nükleer silahlar, Soğuk Savaş döneminde hem politik hem de askeri yönde devletlerin bir baskı aracı olmuştur. Bu silah, geniş kapsamlı etkileriyle ve kitle yıkıcı potansiyeliyle XX. yüzyıl dünyasının benzeri olmayan bir savaş aracıydı. Nükleer araştırmalar sonucunda elde edilen bulgulara göre, tek bir nükleer silahtan bir mikro saniyede salınan enerji, tarih boyunca tüm savaşlarda kullanılan konvansiyonel silahların ürettiği enerjiden daha fazladır. Soğuk Savaş döneminde gelişim sonucu nükleer silahların birçok yan ürünü de ortaya çıkmıştı. Buna ek olarak, nükleer silahlar üç unsurdan oluşan yıkıcı etkilerinin doğası gereği geleneksel silahlardan seçilmiştir. Patlama, ısı ve radyasyon dalgası nükleer silahın en etkili güçlerindendi. Patlama ve ısı anlık bir nitelikte iken, nükleer silahlara özgü radyasyon dalgasının hem ani hem de uzun vadeli etkileri bulunmaktadır. Bu etkiler, hedef ülkenin sınırlarını aşarak daha geniş alanlara yayılma potansiyeline sahiptir. Bir nükleer silahın temel bileşeni, nükleer patlayıcı cihaz veya savaş başlığıdır. Savaş başlıkları, çeşitli füzeler, yerçekimi bombaları, topçu mermileri ve uçak bombaları gibi araçlarla hedefe ulaştırılabilmektedir. Modifiye araçlar ve cephaneliklerin çeşitliliği göz önüne alındığında, nükleer silah teriminin genellikle nükleer savaş başlığını ve bu savaş başlığını hedefe ulaştıran teslimat aracını (özellikle bu aracın bir füze olması durumunda) ifade ettiği anlaşılmaktadır. Yıllar geçtikçe hem savaş başlıkları hem de taşıyıcı araçlar önemli gelişim göstermiştir. Bir nükleer silah sistemi, silahların fırlatıldığı özel olarak tasarlanmış platformların yanı sıra komuta, kontrol ve benzeri destek sistemlerini içermektedir (İAEA, 1991, s. 5-6). Buna ilaveten, 1940'lı yılların sonlarında çalışmalarına başlanılan ve 1950'li yılların başlarında ilk testleri tamamlanan termonükleer silah olarak da bilinen hidrojen-bombası veya

füzyon bombası, kontrolsüz termonükleer enerji sağlayabilen yıkıcı nükleer silah türüdür (Bulut, 2024).

Nükleer silahlar için en önemli dağıtım araçları farklı tipte roket veya jet güdümlü füzelerdir. Uzun menzilli kara ve deniz tabanlı dağıtım araçları esas olarak balistik füzeler iken, seyir füzeleri biraz daha kısa mesafelerde önemlidir. Stratejik nükleer silahlar genellikle rakibin genel askeri ve ekonomik potansiyeline yönelik olarak tasarlanmış olup, uzun menzilli veya kıtalararası kabiliyete sahiptir. Taktik nükleer silahlar ise, savaş alanındaki faaliyetlerle ilgili olan hedeflere (hava üsleri, tedarik depoları, yedek kuvvetler) veya arka cephedeki seçilmiş askeri hedeflere karşı kullanılmak üzere geliştirilmektedir (IAEA, 1991, s. 7-8). Soğuk Savaş döneminde üzerinde hassasiyetle araştırma ve çalışmaların yürütüldüğü nükleer başlıklı füzeler üzerinde günümüzde de askeri uzmanlar tarafından modifikasyon çalışmaları gerçekleştirildiği bilinmektedir.

ABD ise termonükleer silah çalışmalarına ve onları hedefe taşıyacak araçların üretimine 1950'li yıllardan önce başlamıştı. Silahlanma yarışı kendi ile birlikte korku ve endişeyi de hat safhaya çıkarmıştı. Nükleer cephaneliğin üretimi artınca, devletler tarafından radar ve karşı savunma füzeleri için de çalışmalar hızlandırılmış, buna ilaveten yeraltı beton katlı bomba sığınakları inşa edilmiştir.

Soğuk Savaş boyunca en büyük rekabet alanlarından biri de ABD öncülüğündeki Batı Bloku ile Sovyetler Birliği öncülüğündeki Doğu Bloku arasındaki uzay yarışları olmuştur. Nükleer başlıklı bombaların gelişmesi ile birlikte bu bombaları hedefe taşıyacak füzeler de geliştirilmiştir. Bu füzelerin uçuş mesafesi arttırıldıkça atmosfer dışına çıkma özellikleri de fark edilmiştir. Böyle bir füze ile Sovyetler Birliği'nin 4 Ekim 1957'de Sputnik yapay uydusunu dünyanın yörüngesine göndermesi, insanlığın uzay ile macerasını başlatan en önemli olaylardan biri olarak kabul edilmektedir. Yaklaşık 22 gün boyunca dünyaya radyo sinyalleri gönderen Sputnik-1, 4 Ocak 1958 tarihinde dünya atmosferine girmiş ve yanarak yok olmuştur. Sovyetler Birliği, ilk astronotunu 12 Nisan 1961'de uzaya göndermişti. Yanıt olarak, ABD hükümeti, 1960'lı yılları bitmeden, aya bir adam indirip onu güvenli bir şekilde dünyaya geri döndürme hedefine ulaşma konusunda çalışmalara başlamıştı. Çalışmalar sekiz yıl sürmüş ve sonuç olarak ABD'li astronotlar aya çıkmayı başarmışlardır. İnsanları uzaya çıkaran ilk NASA programı olan Merkür Projesi, altısı 1961 ile 1963 arasında gerçekleşen 25 uçuş düzenlemiştir. Devlet kurumlarından ve havacılık endüstrisinden 2 milyondan fazla insan, projeyi mümkün kılmak için becerilerini, girişimlerini ve deneyimlerini birleştirmiştir. NASA'nın Apollo Projesi, ilk defa olarak insanları ay yüzeyine indirmiş ve onları güvenli bir şekilde dünyaya geri göndermeyi başarmıştı. Apollo programı ayrıca uzaydaki diğer ulusal çıkarları karşılamak için yan teknolojik ürünleri de geliştirmişti (Dunbar, <https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/static/60counting/NASA: 60 Years & Counting - Human Spaceflight, n.d.>). Bu bağlamda, nükleer araştırmalardan başlangıç alan uzay yarışı hem teknolojik gelişmelerin hızlanmasına hem de bilimsel araştırmaların ve eğitim programlarının güçlenmesine sebep olmuştur. Farklı ülkeler arasında gerçekleşen bu rekabet, uzay keşifleri ve nükleer teknolojilerdeki ilerlemeleri teşvik etmiş, bilimsel yükselişi hızlandırmıştır. Sonuç olarak, uzay yarışı, sadece askeri ve siyasi bir rekabet değil, aynı zamanda bilimsel ve teknolojik inovasyonun da itici gücü olmuştur.

Sovyetler Birliği ise 1962 Beta Nu, Mars 2MV-4 ve Sputnik – 23 olarak da adlandırılan Mars – 1 uzay sondasını 1 Kasım 1962 tarihinde Mars'a ulaşması için yörüngeye fırlatmıştı. Bu aynı zamanda Mars'a araç yollamak için yapılan ilk başarılı fırlatma olmuştur. Ne yazık ki görevin tamamı başarılı geçmemiş ve yakın geçişten önce uydu ile olan iletişim kaybolmuştur. 1973'te ABD'nin Skylab keşif gezileri (AAD-NARA- E.O. 11652: GDS), Uluslararası Uzay İstasyonu'nun yolunu açmıştır. 1970'lerde, uzay yarışını hızlandıran ABD-Sovyet siyasi gerilimleri çözülmeye başlanmıştır. Bu dönemde, iki süper güç arasındaki rekabetin yanı sıra, uzay keşifleri konusunda iş birliği ve diyalog arayışları da ön plana çıkmıştır. Bu gelişmeler, uluslararası ilişkilerin dinamiklerini etkilemiş ve uzay araştırmalarında daha fazla iş birliği fırsatı yaratmıştır. Apollo-Soyuz Test Projesi ile iki ülke arasında koordinasyon temellenmiştir. Birçok

ülke arasındaki uluslararası akademik dayanışma, uzay mekiği döneminde normal hale gelmiş ve Uluslararası Uzay İstasyonu ile insanın uzaya uçuşunda Sovyetlerle iş birliği için çaba gösterilmiştir (Dunbar, <https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/static/60counting/NASA: 60 Years & Counting - Human Spaceflight, n.d.>). Uzayda ABD ve Sovyet iş birliği barışçıl kâşif Dr. Bruno Rossi başkanlığında bir program şeklinde hazırlanarak, ABD hükümetine sunulmuştur. Program, NASA ile Devletin Bilim ve Teknoloji Özel Asistan Ofisi tarafından gözden geçirildikten sonra, Sovyetler Birliği ile uzay çalışmalarında bir sıra iş birliği alanları belirlenmişti (AAD-NARA- E.O. 11652: NA 181236Z 107019 /12). Bu sıralama; uzay deneyleri için karşılıklı zemin tabanlı destek, bilimsel uydulardan karşılıklı kayıt ve telemetri değişimi, deneysel iletişim uydusu fırlatmalarına yer katılımı, uzay tıbbı, uzay biliminin çeşitli alanlarında yaz enstitüleri gibi alanlarda programlanmış ve rapor şeklinde ABD hükümetine sunulmuştur (US Department of State Archives, 386;413, s. 1). Her iki ülkenin uzayda iş birliği gelecek yüzyıla teknolojik damgasını da vurmuştur. Bununla birlikte, uzaya fırlatılan füzeler, askeri alanda uzun menzilli balistik füzelerin ve füzesavar sistemlerinin geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. Günümüzde yaşamın en önemli parçalarından biri haline gelen teknolojik icatların büyük çoğunluğu, süper güçler arasındaki rekabet döneminde bilim insanlarının yürüttüğü araştırmaların bir sonucu olarak ortaya çıkan çalışmaların neticesidir.

4. NÜKLEER FAALİYETLERE KARŞI BİLİM ADAMLARININ TEPKİSİ

Nükleer silahlar üzerinde çalışan bilim insanlarının patlama sürecini anlamaları için, genellikle başlıca deneysel araç olarak nükleer testler kullanılmıştır. Bu testler, nükleer tepkimelerin dinamiklerini inceleme, enerji salınımını ölçme ve patlama etkilerini değerlendirme imkânı sunmuştur. Her nükleer test, nükleer bir patlama sonrası ortaya çıkacak olan sıcaklık, basınç, radyasyon yayılması, fisyon ve füzyon hızları ve bu değerler arasındaki bağımlılığı hesaplamak için yapılmaktaydı. Nükleer bir patlama zamanı, aşırı koşullarda malzemelerin ortaya çıkardığı özellikler, normal koşullardakilerden önemli ölçüde farklı olabileceğine da sahiptir. Kısacası nükleer testlerin yapılması, nükleer bir patlamanın dünya ve insanlık için ne kadar yıkıcı sonuçlar doğuracağını da ortaya çıkarıyordu (Franceschini & Schaper, 2006, s. 13). Savaş ve rekabet sonucu nükleer araştırmalar daha çok askeri yönde kullanarak, XX. yüzyılda dünya nüfusunu nükleer bir patlama korkusu ile yaşamaya mahkûm etti (Sclove, 1989, s. 170). Radyoaktif zarar gören topraklar Rusya'daki Çernobl, Ural, ABD'de Pensilvanya Three Miles Adası (1979), Bikini Adası, Japonya'daki Fukushima ve Hiroshima ile Nagasaki olarak bilinmektedir. İlâveten, atom enerjisiyle çalışan 27 denizaltıda yaşanan kaza sonucu toplamda 16 insan hayatını kaybetmişti (Kovaleva, 2004, s. 26). Zamanla nükleer madde üzerine yapılan tesislerden çıkan radyoaktif atıkların işlenmesiyle ilgili yüksek gelişmiş teknolojiye ihtiyaç olduğu anlaşılmıştı. Bununla birlikte doğaya büyük miktarda ağır metal ve kimyasal atıklar dağılmıştır ki, bu serpinti yaşama hala zarar vermektedir.

İkinci Dünya Savaşı'nda nükleer silahın Japonya'da denenmesinin doğurduğu acı sonuçlar üzerine birçok bilim adamı, hükümetlerin nükleer politikasına karşı muhalif durmuşlardı. Soğuk Savaş döneminde ABD ve İngiltere'de nükleer silahlanma yarışına karşı muhalefet erken ve açık bir şekilde gerçekleşmişti. Anti-nükleer çalışmaları barındıran Atom Bilimcileri ve Atom Bilimcileri Bülteni, 1945 yılının sonbaharında Manhattan Projesi'nde görev alan bilim insanları tarafından kurulmuştur; daha sonra bu organizasyon Amerika Bilim Adamları Federasyonu olarak adlandırılmıştır. Bu örgütün kurulmasındaki asıl amaç nükleer silahların savaşta bir daha kullanılmaması ve nükleer silahlanma yarışını durdurmak olmuştur. Oppenheimer, 1946 Acheson-Lilienthal Raporu¹ üzerinde önemli bir etki yaratmıştır. Bu raporda, komite, tüm füzyonlanabilir materyallere, madenler ve laboratuvarlar gibi üretim araçlarına ve barışçıl enerji üretimi amacıyla

¹ Uluslararası Atom Enerjisi Kontrolü Raporu, 1946 yılında Dean Acheson ve David Lilienthal başkanlığındaki bir komite tarafından kaleme alınmış olup, genel olarak Acheson-Lilienthal Raporu veya Planı olarak anılmaktadır (Milestones in the History of U.S. Foreign Relations - Office of the Historian, n.d.).

kullanılabilecek atom santrallerine sahip uluslararası bir Atom Geliştirme Otoritesi'nin kurulmasını önermektedir. GAC (General Advisory Committee of the Atomic Energy Commission) başkanı olarak Oppenheimer, uluslararası silah kontrolü ve temel bilim için fon sağlanması amacıyla yoğun bir lobi faaliyetinde bulunmuş ve politikayı hararetli bir silahlanma yarışından uzaklaştırmaya çalışmıştır. Manhattan Projesi günlerinden beri termonükleer silah olasılığının farkında olan Oppenheimer, bu konuyla ilgili sınırlı miktarda teorik araştırma gerçekleştirmiştir; ancak füzyon silahı geliştirme ihtiyacının aciliyeti nedeniyle bu araştırmalarla sınırlı kalmıştır. Savaşın hemen sonrasında, Oppenheimer, hem bu silaha olan ihtiyaç olmadığını hem de olası kullanımlarının yol açabileceği büyük insan kayıplarını gerekçe göstererek "Süper"(Hidrojen Bombası) üzerine çalışmaların sürdürülmesine karşı çıkmıştır. Kendisi ve diğer GAC üyeleri, kısmen etik kaygılarla, böyle bir silahın yalnızca stratejik amaçlarla kullanılabileceğini ve milyonlarca ölüme yol açabileceğini düşünerek bu duruma itiraz etmişlerdir (Kai, 2005). Bir yıllık çalışmanın ardından, 1952 baharında Oppenheimer, nükleer serpinin tehlikelerini inceleyen Proje GABRIEL'in taslak raporunu kaleme almıştır. Ocak 1953'te, Oppenheimer'in derin bir şekilde etkilediği görüşler doğrultusunda hazırlanan nihai rapor yayınlanmış ve bu rapor ne Amerika Birleşik Devletleri'nin ne de Sovyetler Birliği'nin etkili bir nükleer üstünlük kuramayacağı, ancak her iki tarafın da diğerine korkunç bir zarar verebileceği yönünde karamsar bir gelecek vizyonu sunmuştur. (Paris, 2005). Bu durum nedeniyle, Oppenheimer Sovyet yanlısı komünist olma ihtimali gerekçe gösterilerek soruşturma sürecine tabi tutulmuş ve ajanlık suçlamasıyla yargılanmıştır.

İngiltere'deki Atom Bilimciler Derneği de birkaç ay sonra aynı düşünce tarzı ile kurulmuştu. Lakin Sovyet bilim adamları, nükleer silahlara karşı muhalefeti tehlikeli bulmuşlardı. Bunun da en büyük sebebi komünist rejim ve bilim insanlarının hayatını tehdit edecek düzeyde bir baskı olmuştu. Stalin dönemi ve onun ölümünden sonraki yıllarda, Sovyet bilim adamlarının nükleer silah kontrolü endişelerini tartışmak için Batılılarla bir araya gelebilmeleri imkânsız olmuştu. Ancak, Sovyet ve Batılı bilim adamları arasındaki iş birliğinin temelleri Pugwash Bilim ve Dünya İşleri Konferansları ile atılmıştı (Rotblat, 2001, s. 53). Dönemin Fransız bilim adamı Frederic Joliot Curie nükleer silahlanma yarışının durdurulmasına yardımcı olmak için bilim insanlarının bir araya gelmesi teklifini ileri sürmüştü (Rubinson, 2019, s. 2). İlk Pugwash Konferansı, grubun kurucularından olan Polonya asıllı İngiliz fizikçi Joseph Rotblat tarafından düzenlenmiştir. Manhattan Projesi'nde görev alan Rotblat, Nazi Almanyası'nın nükleer araştırmalarını kesin olarak durdurduğunu tespit ettiğinde projeyi terk etmiştir. Ardından, projenin gizli bilgilerini Sovyetler Birliği'ne iletmekle suçlanmış, ancak bu iddiaların bir komplo olduğu kanıtlanmıştır (1995 Nobel Peace Prize - an Essay by Irwin Abrams, n.d.). Rotblat'a göre, bilim adamları toplantısının düzenlenmesi için yapılan baskı, termonükleer silahların gelişmesi ve radyasyon serpinin korkusunun yayıldığı bir zamanda başlamıştı. Hatta İngiliz filozof ve anti - nükleer aktivist Bertrand Russell hükümetleri nükleer silahlardan vazgeçmeye çağıran "1954 Manifestosu"nu imzalamıştı. Ayrıca bu konferanslarla, bilimin tarafsızlığının ve bilim adamlarının bilimsel söylem tarzının, nükleer silahlanmanın hangi acı sonuçlar doğuracağı yönünde hükümetleri aydınlatacağı inancı hâkim olmuştu (Robinson, 1998, s. 5).

Böylece, Pugwash Hareketi Temmuz 1957'de Kanada'nın Pugwash köyünde düzenlenen bir konferansla başlamıştı. Konferansa üçü, Sovyetler Birliği ve Japonya'dan olmakla Kanada ve İngiltere'den iki, Avustralya, Avusturya, Çin, Fransa ve Polonya'dan birer ve ABD'den altı bilim adamı ve bir hukuk profesörü katılmıştı. Bu ilk toplantıda, Bertrand Russell tarafından hazırlanan ve Albert Einstein da dahil olmak üzere bir dizi önemli bilim adamlarının imzaladığı "1954 Manifestosu" rehber tutulmuştu. Manifesto, insanlığı savaştan kaçınmaya ve kitle imha silahlarının gelişmesinin bir sonucu olarak ortaya çıkan tehlikeleri değerlendirmeye çağırmıştı (AAD-NARA, E.O. 11652: N/A). Bütün delegeler bireysel olarak davet edilirken, Sovyet bilim adamları hükümet tarafından seçilmiş ve yurtdışında KGB ajanları tarafından takip edilmiştir.

Nükleer silahlanma yarışına ek olarak, Sovyet bilim adamlarını endişelendiren diğer bir konu ise radyoaktif atıklar olmuştur. Soğuk Savaş döneminde, Sovyetler Birliği, yaklaşık 55.000

nükleer savaş başlığı yapmıştı. Sovyet bilimi, halka açık olarak, testlerin Hanford'daki gibi düşük seviyeli atık enjeksiyonlarla sonuçlandığını, radyoaktif sıvının ve atıkların derin, kuru yeraltı mağaralarda gömüldüğü iddiasında bulunmuştu. Lakin 1957'deki Kyshtym felaketi sonrası yaşanan radyoaktif toz bulutu tehlikesi ve Karaçay Gölü'nün, 120 milyon radyoaktif atık ile kasıtlı olarak doldurulması, Sovyetler Birliği'ni yeryüzündeki en kontamine (kirli) nokta haline getirmişti (Clinton Presidential Library: 2006-0460-F, s. 6). Radyoaktif serpinti üzerinde araştırmalar yapan Hollandalı Kimyacı Paul Crutzen, 1980'li yıllarda bir nükleer savaşın önemli iklim değişikliğine sahip olabileceğine dikkat çekmişti. Bundan sonra birçok bilim adamı, Sovyetler Birliği ve ABD arasında çıkacak olan nükleer savaşın radyoaktif etkilerinin, nasıl bir iklim değişikliğine sebep olacağı konusunda çalışmalar başlatmıştı. Bu çalışmaları tanımlamak adına “Nükleer Kış” terimi ortaya çıkmıştı. Kısa süre sonra bilim adamları tarafından ortaklaşa yürütülen diğer çalışmalar, nükleer bir savaş sonrası radyoaktif dumanın, tüm gezegen üzerindeki güneş ışığını engelleyeceği konusunda olmuştu. Ortaya çıkan soğuk, karanlık ve kuru koşullar, yıllarca tarımı engelleyecek ve Afrika kıtası da dâhil olmak üzere dünyanın birçok bölgesinde kitlesel açlıkların başlayacağına dair ciddi bir uyarı oluşturmuştu (Robock, 2010, s. 418). 1983 yılında birkaç Sovyet bilim adamı nükleer savaşın yıkıcı iklim değişikliğine sebep olacak sonuçlarını araştırmak için Nükleer Kış Araştırmalarını başlatmıştır. Lakin Sovyet bilim adamları, çalışmalarında daha ciddi sonuçlar doğuran hataları özel olarak kabul ederken, komünist partinin nüfusuna hanel getirmeyecek derecede hareket etmeye çalışmışlardı. 1957'de olası tehlikeye karşın Uluslararası Atom Enerji Kurumu oluşturuldu. Uluslararası örgütlerin konuya kayıtsız kalmamasına yönelik çalışmalar sonucu BM 1540 (2004); 71/258 (2017) kararname kabul etti. Böylece global çapta KİS'ler ve nükleer silahların kullanımı yasaklanmış oldu. Bilim camiası, “Nükleer Kış” hipotezi ile Dünya Sağlık Örgütü'nü harekete geçirerek, 1970 yılından itibaren gerekli kısıtlamalar ve düzenlemeler doğrultusunda politika değişikliklerine yol açmıştır.

Nükleer Kış Araştırmaları ve iş birliği, nükleer savaş hakkında düşünme şeklini temelden değiştirebilir sonuçlar doğurmuştu. Bu terim, nükleer savaştan dolayı iklimde yıkıcı değişiklikler olasılığını ifade etmişti. İlk olarak, 1982 yılında ortaya çıkmış ve 1983'te bilim camiasının dikkatini çekmişti. Çalışma, nükleer bir patlamanın iklimde yıkıcı ve küresel sonuçlara yol açabileceğini ciddi ve yaygın bir şekilde savunmuştu. Nükleer patlamanın doğuracağı sonuçlara bağlı yürütülen önceki çalışmalar, ısı ve kısa süreli radyasyon etkisi üzerinde yoğunlaşmıştı. Ancak araştırmalarda çok miktarda duman ve radyasyon tozunun iklimsel sonuçları göz ardı edilmişti. Savaşın bitimiyle birlikte, Nükleer Kış hipotezi büyük bir ilgi görmüştü. Radyasyon dumanı ve tozu, Nükleer Kış'a en çok katkıda bulunanlar arasında olsa da buna ek olarak dört ana fiziksel etki de dikkate alınmaktaydı. Bunlar, troposferdeki duman katmanları, stratosferdeki toz bulutları, radyoaktif serpintiler ve ozon tabakasının incelmeye geçmesi gibi olgular olarak belirlenmiştir. Araştırmalar sonucunda, patlama sonrası uzun süreli bir Nükleer Kış'ın başlayacağı öngörülmektedir. Kıtaların iç kesimlerinde yağışlar neredeyse sıfıra düşecek, büyük bir kuraklık başlayacak, tarımsal ürünler yok olacak ve hayvanlar, soğukta hayatta kalsalar bile susuzluktan öleceklerdi. Dünyadaki yaşamın ana taşıyıcıları ve başlıca oksijen kaynağı olan tropikal ormanlar yok olacak, biyosfer ana oksijen kaynağından mahrum kalacaktı. Geçilemez siyah örtü kuzey yarımküreden güneye doğru yayılacak ve sonunda tüm gezegeni içine alacaktı. Tatlı su kaynakları donacak, tüm ekolojik dengeler bozulacak, çeşitli hayvan, bitki ve mikroorganizma türlerinin toplam nüfusu tamamen yok olacaktır (CIA Archives, NND 984036, s. 13). Bu da insanlığın ve dünyanın sonu demek oluyordu.

Nükleer silahın ekonomik yıkıcı ve zehirleyici etkisi, zarar verilmesi planlanan bölgenin stratejik ve ekonomik değerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yüksek maliyetli köprü, yol, tünel, laboratuvar, sanayi merkezleri eğitim ve bilim merkezleri, bankaların bulunduğu yerlere atıldığında büyük mali zarara sebep olacağı çok açıktır. Patlamadan sonraki atıkların temizlenmesi ve hayatın yeniden oluşturulmasına sarf edilecek maliyet de hesaba katılınca ortaya çok yüksek miktarda masraf çıkacağı görülmektedir. Bunu hesaplayıp bilimsel verilerle açıklayan bilim insanlarının uyarılarının sonucu olarak birçok uluslar ve uluslararası örgüt nükleer tehlikeyi ortadan kaldırmak için farklı türden çabalar sarf etmektedir.

SONUÇ

Reel politik çerçevesinde devletlerarası güç rekabeti, bilim insanlarının kaygısız bir biçimde istihdam edilmesine ve bilimin kötüye kullanılmasına yol açmaktadır. Dünya savaşları ve sonrasında yaşanan Soğuk Savaş, aslında bir askeri çatışma olmanın ötesinde, bilim ve teknoloji alanında egemenlik mücadelesi olarak tanımlanabilir. Savaş ve güç rekabeti sürecinde, bilim insanları kimi zaman teknik danışman, kimi zaman da politika geliştirici olarak rol almışlardır. Reel politik günümüzde bile üniversite, sanayi ve devlet arasındaki ilişkilerin güdümlenmesini esas almaktadır. Nükleer enerji potansiyeline realist perspektiften bakıldığında nükleer tehdit sorunsalının devlet merkezli olduğu, lakin yenilenebilir enerji olarak uluslararası girişimleri ve küreselleşme kavramını da tetiklediği anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, bilimsel doğrultuda atılacak adımların, idealist bir perspektiften analiz edilerek uygulanması, en uygun karar mekanizmasını oluşturacaktır.

1908`de Nükleer Fiziğin temellerinin atılmasıyla nükleer silahlar ve atom bombası konusu toplumda korku uyandıran etkene dönüşmüş oldu. Üstelik faşist rejimlerden kaçan bilim adamları kitle imha silahlarının her anlamlı etkisini tahmin etmişlerdi. Nükleer araştırmalar, atom bombası için gerekli tüm çalışmalar, genel itibariyle radikal rejimlere karşı dayanışma ve mücadele sergileyen bilim insanları tarafından, büyük maliyetli tesis ve araştırma merkezlerinde yapılmıştı. Mali sorunların çözümü ise yine bilim insanları tarafından yerli hükümetlere sorumluluk yükleyerek gerçekleştirilmişti.

Savaşın başlarında ABD`nin aktif şekilde müdahalesi olmayan bir hadiseye merak salması imkânsız gibi gözükmekteydi. Lakin aynı anda Nazi baskısından kaçan bilim insanları için, geride kalan nükleer fizikçilerin atom bombası üzerine çalışmalar yapma ihtimali endişe doğuruyordu. Macar fizikçi Leo Szilard tam da bu nedenden dolayı Amerikan Donanmasının dikkatini nükleer fizik ve atom bombası araştırmalarına çekmeyi gerekli bulmuştu. O ABD başkanı Franklin D. Roosevelt`e yazdığı mektubunun saygınlığını artırmak amaçlı, Albert Einstein`ı bu mektubu imzalamaya ikna etmişti. Böylece, geniş çaplı bir bilimsel, teknolojik, idari ve askeri başarı olarak nitelendirilen Manhattan Projesi hem ulusal hem uluslararası güvenliğin merkezine yerleştirilmişti.

Chicago Pile-1, Manhattan Projesi, Enormos ve diğer tesisler genel itibariyle gizli bir şekilde yürütülmüş ve halk ile yabancı devletlerden saklanmıştı. Uranyum ve radyasyon çalışmalarında, birkaç kurumun iş birliği içinde faaliyet göstermesi zorunlu hale gelmişti. Nükleer araştırma projelerinin içeriği, büyük ölçüde askerler, mühendisler ve siyasetçilerden oluşmakta olup, bu projeler, siyaseti ve bilimi savunma silahına dönüştürmeyi amaçlamıştır. Bu tarihten itibaren bilim, birçok diğer idari organ gibi, hükümetin gereksinimleri ve askeri ihtiyaçları doğrultusunda hizmet vermek durumunda kalmıştır. Uranyum ve nükleer araştırmalar üzerine yapılan çalışmalar başlangıçta Nazi tehlikesine karşı yönlendirilmiş sebebi gayet belli bir proje olsa bile sonradan büyük güçlerin rekabet nesnesine evrilmişti. Güç ve enerji üzerine yapılan bilimsel çalışmalar ABD, İngiltere ve Fransa bilimini ortaklaşa çalışmaya itmesiyle beraber Soğuk Savaşın sonlarında SSCB bile bu birlikteliğe katılmış ve böylelikle bilim rekabet boyutunu aşmıştı. MAUD, Apollo- Soyuz gibi projeler, rekabet çalışmasından ziyade müttefik çalışmalarını daha etkin kılmıştı. Çalışmalar sonucunda, günümüzde stratejik ve taktik nitelikte çeşitli nükleer silah türlerinin ortaya çıkışı tetiklenmiştir. Bunun yanı sıra, bu silahları hedefe ulaştırma işlevini yerine getiren farklı türde ve güçte füzeler ile taşıyıcı sistemler de geliştirilmiştir. Füzelerin gelişimi, uzay yolculuğunu mümkün kılmış ve böylece nükleer silah yarışı, uzay yarışına dönüşmüştür.

Konvensiyonel güç yarışı, cumhurbaşkanlığı düzeyinde politikalar, kitle imha silahlarının kısıtlanması programlarını geciktirmişti. Öyle ki, üst düzeyde askeriden ziyade siyasi araç olarak görülen KİS`ler zamanla süper güçlerin etki silahına dönüşmüştü (AAD-NARA- E.O. 11652: 076588). Çalışmalar sonucu, nükleer silahların geliştirilmesi ve kullanımı etrafında şekillenen bilimsel, politik ve sosyal dinamikler incelenmiştir. Özellikle otoriter dönemde, Sovyet bilim

insanlarının nükleer silah kontrolü konusundaki endişelerini dile getirmelerini imkânsız hale getirmiştir. Ancak, Pugwash Bilim ve Dünya İşleri Konferansları gibi platformlar, Sovyet ve Batılı bilim insanları arasındaki iş birliğinin temellerini atmıştır. Bu çabalar, 1954 Manifestosu gibi girişimlerle desteklenmiş, insanlığı kitle imha silahlarının tehlikeleri konusunda bilinçlendirme hedeflenmiştir. 1957’de yaşanan Kyshtym felaketi ve bunun sonucunda oluşan radyoaktif kirlenme, Sovyetler Birliği’nin çevresel durumunu kritik bir noktaya getirmiştir. Bilim insanları, bu koşullar altında nükleer savaşın iklim değişikliği üzerindeki etkilerini araştırmaya başlamış, "Nükleer Kış" terimi bu bağlamda ortaya çıkmıştır. Böylece, nükleer deneyler, testler, tesisler ve nükleer kazaların dünya için riskli boyutlara ulaşmasıyla birlikte, bilim camiası harekete geçmiş ve kısıtlama projelerini gündeme getirmiştir. Bu çabalar kısmen başarılı olmuş, Uluslararası Atom Enerji Ajansı (IAEA), Birleşmiş Milletler ve Dünya Sağlık Örgütü, Nükleer Kış Araştırmalarını gündeme alarak gerekli kısıtlamaları yasama sürecine dahil etmiştir. Kısaca, Uluslararası Atom Enerji Kurumu’nun kurulması ve BM 1540 (2004) ile 71/258 (2017) kararlarının kabulü, global çapta kitle imha silahlarının kullanımının yasaklanmasına yönelik önemli adımlar olmuştur. Bu gelişmeler, bilim camiasının "Nükleer Kış" hipotezi ile Dünya Sağlık Örgütü’nü harekete geçirmesiyle birleşerek, nükleer silahların insan sağlığı üzerindeki potansiyel etkilerini minimize etmeye yönelik çalışmalara zemin hazırlamıştır. Bu bağlamda, nükleer silahların yarattığı tehlikelerin yalnızca askeri bir mesele değil, aynı zamanda bir insanlık sorunu olduğuna dikkat çekilmektedir.

Araştırmaların başlangıçta insanlığın yararına yönelik hedeflerle şekillenmiş olması, bilimin sosyal fayda anlayışını ön plana çıkarsa da süreç içinde ortaya çıkan etik sorunlar ve uygulama farklılıkları, bu hedeflerin kaybolmasına veya yanlış yönlenmesine sebep olabilmektedir. Bu durum bilimin yalnızca bir bilgi üretim alanı değil, aynı zamanda politik ve askeri çıkarların etkisi altında şekillenen bir yapı olduğunu ortaya koymaktadır. Başka ifadeyle, teknoloji insanlık için sağladığı avantajlarla birlikte, insani değerlerin ihlali riskini de oluşturmaktadır.

Nükleer silahların geliştirilmesi ve kullanımı, yalnızca askeri strateji değil, aynı zamanda bilimsel araştırmalar ve politik kararların etkileşimi ile şekillenmiştir. Nükleer patlamaların iklim üzerindeki yıkıcı etkileri ve ekonomik sonuçları, bu silahların stratejik ve ekonomik değerine bağlı olarak değişiklik göstermekte, bu da nükleer silahların kontrolünün ne denli hayati bir mesele olduğunu ortaya koymaktadır. Nükleer araştırmalar ve genel olarak bilimsel çalışmalar hem olumlu hem de olumsuz sonuçlar doğurabilen karmaşık bir yapıya sahiptir. Bilimsel etik ilkelerinin gözetilmesi, araştırmaların insanlığa hizmet etme potansiyelini artıracakken, aynı zamanda teknolojinin kötüye kullanımını önlemek için gereklidir. Gelecekte, bilimin insanlık yararına yönlendirilmesi amacıyla, disiplinler arası iş birliği ve etik tartışmaların daha da derinleştirilmesi önem arz etmektedir. Bu bağlamda, uluslararası iş birliğinin ve bilimsel araştırmaların, nükleer silahların neden olduğu tehditlere karşı etkili bir şekilde mücadele etme potansiyelini artırması, gelecek nesiller için kritik öneme sahiptir. Nükleer madde ve enerjiyle ilgili bilginin yetersizliği kamuoyu ve siyaseti olabildiğince karmaşık hale getirmektedir. Oysa bilgiye ve araştırmaya dayalı çalışmalar toplumların daha nitelikli refahına sebep olacaktır. Toplumlar arası güç rekabeti veya gövde gösterisinin, ilmi ittifaklara tercih edilmesi daha idealist ve huzurlu geleceği temin etmektedir.

Etik Beyan

“Bilimsel Araştırmaların Nükleer Silahlara Evrilmesi” başlıklı çalışmanın yazım sürecinde bilimsel kurallara, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamış ve bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir. Bu araştırma etik kurul kararı zorunluluğu taşımamaktadır. Makale, Etik Kurulları Yayın Etiği Komitesinin (Committee on Publication Ethics-COPE) yazar, hakem ve editörler için belirtilen kurallardan yararlanılarak oluşturulmuş olan Anasay dergisi etik kuralları çerçevesinde yazılmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız

Çıkar Çatışması: Yazar, çıkar çatışması olmadığını beyan etmiştir.

Finansal Destek: Yazar, bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The author declares that they have no competing interest.

Financial Support: The author declared that this study has received no financial support.

KAYNAKÇA/ REFERENCES

Arşiv belgeleri:

AAD-NARA (National Archives), E.O. 11652: N/A-Pugwash Symposium On Security And Cooperation In Europe

AAD-NARA- E.O. 11652: 076588- Presidential Nuclear Policy Statement

AAD-NARA- E.O. 11652: GDS- Return to Earth of Skylab.

AAD-NARA- E.O. 11652: NA 181236Z 107019 /12- Fourth Informal Meeting With Experts On New Mass Destruction Weapons

CIA (Central Intelligence Agency) Archives, Nİ İIA84-1006: The Soviet Approach to Nuclear Winter, Interagency Intelligence Assesment, NND 984036.

Clinton Presidential Library, OA/İD-43319; Doc İD-9507853; Foia Mr. Marker, Case Number: 2006-0460-F.

FDR Presidential Library, Einstein, A. (1939). Einstein Letter. <http://www.fdrlibrary.marist.edu/archives/pdfs/docsworldwar.pdf>

Fermi at Columbia | Department of Physics. (n.d.). <https://web.archive.org/web/20190621185402/https://physics.columbia.edu/home/fermi-columbia>

İAEA (International Atomic Energy Agency), İNİS-mf- 13106: X4920025: Disarmament, Comprehensive Study on Nuclear Weapons Summary of a United Nations Study, Department for Disarmament Affairs United Nations New York, October 1991, p.5-6.

Newsweek. (1947, Mart 10). Einstein, the man who started it all.

NSA (National Security Archives), RG 77, MED Records, H-B files, folder no. 76. E. Lapp, Leo Szilard et al., “A Petition to the President of the United States,” July 17, 1945.

NSA- L.D. Riabev, ed., *Atomnyi Proekt SSSR* (Moscow: izd MFTI, 2002), Volume 1, Part 2, 335-336

NSA- NARA, RG-60, Case File 146-7-23-25, box 1, file: Serial 6, July 1-August 13, 1942

NSA- Records of the Office of Scientific Research and Development, Record Group 227 (hereinafter RG 227), Bush-Conant papers microfilm collection, Roll 1, Target 2, Folder 1, "S-1 Historical File, Section A (1940-1941)."

US Department of Energy Archives, DOE-MA-0001-01/99, The Manhattan Project: Making the Atomic Bomb, Department of Energy: A Summary History, 1977-1994.

US Department of State Archives, 386;413: Department Of State Memorandum For The President, Possible U.S.-Soviet Cooperative Space Projects, State Department, NLK-76-284, 6a, by MFO NARS, date:6.11.76

Araştırma eserleri:

Akay, G. G., & Naçacı, E. (2019). Savaşın hizmetinde bilim: Manhattan Projesi. *Madde, Diyalektik ve Toplum*, 2(3), 208-218. <https://bilimveaydinlanma.org/savasin-hizmetinde-bilim-manhattan-projesi/> (Erişim tarihi: 12.04.2024)

Allison, G. (2010). Yadernyy Besporyadok: Obozrevaya Atomnyye Ugrozy. *Forin Affairs (Foreign Affairs)*, 89(1), 74-85.

Aras, H. (2019). Soğuk Savaş Döneminden Günümüze Rusya'nın Nükleer Faaliyetleri ve Politikaları. *Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(2), 14-23. <https://doi.org/10.33537/sobild.2019.10.2.2>

Artemov, Y. T. (2014). Sovetskiy Atomnyy Proekt V Sisteme Komandnoy Ekonomiki, *Cahiers du monde russe*, 55(3-4), 267-294.

Basdevant, J., & Rich, J., Spiro M. (2004). *Fundamentals In Nuclear Physics*. France: Springer.

Beggott, D. (2011). *Taynaya istoriya atomnoy bomby*. Eksmo.

Bekman I.N., (2005). Yadernaya Industriya, Kurs leksiy, <http://profbeckman.narod.ru/NI.htm> (Erişim tarihi: 12.04.2024).

Belous, M.N. & Burdayev, V.P. Gagin, A.A. Greshilov. (2009). Oruzhiye raketno-yadernogo udara. Moskva: Izdatel'stvo MGTU im. N.E. Baumana,

Bulut, S. (2024). Hidrojen bombası nedir. <https://www.milliyet.com.tr/hidrojen-bombasi-nedir--molatik-13321/> (Erişim tarihi: 12.04.2024).

Dunbar, B. [https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/static/60counting/NASA: 60 Years& Counting-Human Spaceflight](https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/static/60counting/NASA%2060%20Years&Counting-HumanSpaceflight). <https://www.nasa.gov/wpcontent/uploads/static/60counting/NASA>. <https://www.nasa.gov/specials/60counting/spaceflight.html>

Franceschini, G., & Schaper, A. (2006). Nuclear Weapons Research and Modernization Without Nuclear Testing. Frankfurt: Peace Research Institute

German Chain of Command in Western Europe. <https://www.britannica.com/topic/German-Chain-of-Command-in-Western-Europe-June-1944-1673116> (Erişim tarihi: 12.04.2024).

Gosling, F.G. (2010). The Manhattan Project: Making the Atomic Bomb. Washington, DC: U.S. Department of Energy, http://energy.gov/sites/prod/files/Manhattan_Project_2010.pdf (Erişim tarihi: 12.04.2024).

Gönenç, G. (1983). Hep Aranızda Olacağım-Frederic Joliot-Cruie'nin Hayat Hikayesi. Ankara: Bilim ve Sanat Yayınları.

Gül, M. (2021). Bilim ve İktidar İlişkisi: Manhattan Projesi Örneği. Kutadgubilig Felsefe-Bilim Araştırmaları, (43), 53-80.

Heilbron, J.L. (2003). Ernest Rutherford: And the Explosion of Atoms. New York, NY: Oxford University Press.

Hughes, J. (2002). The Manhattan Project: Big Science and The Atom Bomb. Cambridge, UK: Icon Books Ltd.

İncekara, R., & Şekercioğlu, S. (2020). Toryum ve Uranyum Zenginleştirme Programlarının Uluslararası Siyaset ve Çevreye Etkileri, Devlet Doğasının Değişimi: Güvenliğin Sınırları, 539-553. [https://tasam.org/Files/Icerik/File/%C4%B0GK2Kitap_\(5\)_pdf_dcb604ed-d681-44e6-87b9-98586cc0bc77.pdf](https://tasam.org/Files/Icerik/File/%C4%B0GK2Kitap_(5)_pdf_dcb604ed-d681-44e6-87b9-98586cc0bc77.pdf) (Erişim tarihi: 12.04.2024).

Kai, B. (2005). *American Prometheus: the triumph and tragedy of J. Robert Oppenheimer*, *Internet Archive*.<https://archive.org/details/americanpromethe00bird/page/n11/mode/2up> (Erişim tarihi: 06.10.2024).

Khupert, M. *Istoriya atomnoy bombi*, <https://readli.net/chitat-online/?b=260445> &pg=1 (Erişim tarihi: 12.04.2024)

Kissinger, A. H. (2016). *Dünya Düzeni*, (Çev: Sinem Sultan Gül), I. Baskı. İstanbul: Altan Ambalaj Matbaa AŞ.

Kovaleva, R. (2004). *Ugolovnaya Otvetstvennost' Za Prestupleniy.*, Kazan: Svyazannyye S Oborotom Yadernykh Materialov I Radioaktivnykh Veshchestv.

Kragh, H. (2012). *Rutherford, Radioactivity, and the Atomic Nucleus*. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1202/1202.0954.pdf> (Erişim tarihi: 12.04.2024).

Milestones in the History of U.S. Foreign Relations - Office of the Historian. (n.d.). <https://history.state.gov/milestones/1945-1952/baruch-plans> (Erişim tarihi: 06.10.2024).

Murray, L. R., & Holbert, E. K., (2015). *The History of Nuclear Energy*. Washington DC: U.S Department of Office of Nuclear Energy, Science and Technology.

Norris, S. R., & Kristensen M. H. (2009). US Nuclear Warheads, 1945-2009. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 65 (4), <https://thebulletin.org/2009/07/u-s-nuclear-warheads-1945-2009/> (Erişim tarihi: 12.04.2024).

Paris, Abraham. (2005). *Robert J. Oppenheimer*. *Internet Archive*. https://archive.org/details/jrobertoppenheim00pais_0 (Erişim tarihi: 06.10.2024).

Rai Goerler, & Johnston, H. L. (1991). *Buckeyes and the Bomb*. https://library.osu.edu/documents/university-archives/subject_files/manhattan_project.pdf (Erişim tarihi: 05.10.2024).

Robinson, P. (1998). *Contribution of the Pugwash Movement to the International Regime Against Chemical and Biological Weapons*, Pugwash Meeting no.242, Geneva, Switzerland: The BWC Protocol Negotiation: Unresolved Issues. <https://pugwash.org/1998/11/30/geneva-meeting-of-the-cbw-study-group/> (Erişim tarihi: 12.04.2024).

Robock, A. (2010). *Nuclear Winter, Clim Change*, John Wiley & Sons, Ltd. (1), 418-427. <http://climate.envsci.rutgers.edu/pdf/WiresClimateChangeNW.pdf> (Erişim tarihi: 12.04.2024).

Rotblat, J. (2001). The Early Days Of Pugwash. *Physics Today* 54, 6(50), 2001, 50-55. <https://doi.org/10.1063/1.1387592>

Rubinson, P. (2019). *Pugwash Literature Review*.https://www.urban.org/sites/default/files/2019/06/27/pugwash_literature_review.pdf (Erişim tarihi: 12.04.2024).

Science History Institute. Otto Hahn, Lise Meitner, and Fritz Strassmann. <https://www.sciencehistory.org/historical-profile/otto-hahn-lise-meitner-and-fritz-strassmann> (Erişim tarihi: 12.04.2024).

Sclove, E. R. (1989). From Alchemy to Atomic War: Frederick Soddy's 'Technology Assessment of Atomic Energy, 1900-1915. *Science, Technology, & Human Values*, 14 (2), 163-194. <https://doi.org/10.1177/016224398901400>

Smyth, De W. (1948). *Atomic Energy for Military Purposes*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Sokolski, D. H. (2012). *The Next Arms Race*. Carlisle: The Nonproliferation Policy Education Center Strategic Studies Institute Book.

Stine, D. D. & Congressional Research Service. (2009). *The Manhattan Project, the Apollo Program, and Federal Energy Technology R&D Programs: A Comparative Analysis* (Report No. RL34645). Congressional Research Service. <https://sgp.fas.org/crs/misc/RL34645.pdf>

Wellerstein, A. (2013). *How many people worked on the Manhattan Project?* <http://blog.nuclearsecrecy.com/2013/11/01/many-people-worked-manhattan-project/> (Erişim tarihi: 12.04.2024).

1995 Nobel Peace Prize- An Essay by Irwin Abrams. (n.d.). <https://www.irwinabrams.com/books/excerpts/annual95.html> (Erişim tarihi: 06.10.2024).