

Bıçimlendirmeyi Yapay Sinir Ağları Kullanarak ^{58,60,61,62,63,64}Ni İzotopları için (p, γ), (n, γ) ve (α,γ) Reaksiyon Tesir Kesiti Hesaplamaları ve Optimizasyonu

Veli ÇAPALI* 

Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme ve Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü
Uşak, Türkiye

Geliş / Received: 08/05/2019, Kabul / Accepted: 16/07/2019

Öz

Bu kısma makalenizin u çalışmada; nükleer reaksiyon tesir kesiti verilerinin hesaplanması için yapay sinir ağlarının kullanımı incelenmiştir. Yapay sinir ağları modeli, deneysel veriler, değerlendirilmiş veriler ve teorik nükleer reaksiyon modelleri ile gerçekleştirilen hesaplama değerleri kullanılarak oluşturulmuştur. ^{58,60,61,62,63,64}Ni izotopları için (p, γ), (n, γ) ve (α,γ) reaksiyon tesir kesitleri yapay sinir ağları kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçlar, bu yeni tekniğin bazı nükleer reaksiyonların hesaplanmasındaki etkinliğini ve uygulanabilirliğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay sinir ağları, Nükleer reaksiyonlar, Reaksiyon tesir kesiti hesaplamaları.

(p, γ), (n, γ) ve (α,γ) Reaction Cross Section Calculations and Optimization for ^{58,60,61,62,63,64}Ni Isotopes using Artificial Neural Networks

Abstract

You need to insert an In this study; the use of ANN in calculation of nuclear reaction cross section data is investigated. The artificial neural network model has been created by using experimental data, evaluated data and computational values by theoretical nuclear reaction models. The (p, γ), (n, γ) ve (α,γ) reactions cross section for ^{58,60,61,62,63,64}Ni nuclei have been calculated using the data obtained using neural networks. The results show the effectiveness and applicability of this new technique in the calculations of some nuclear reactions.

Keywords: Artificial neural networks, Nuclear reactions, Reaction cross section calculations.

1. Giriş

Gelişen teknolojiye ve sanayileşmeye bağlı olarak enerjiye duyulan ihtiyacın giderilmesi yönünde nükleer enerjiye ve nükleer enerji reaktörlerine yönelim olmuştur. Nükleer enerjiye olan bu yönelim ve ilgi, nükleer teknolojisinde ve fisyon reaksiyonu temelinde yeni reaktör sistemlerinin tasarlanmasına yol

açmıştır. Ayrıca, reaktörler daha fazla güvenlik, güvenilirlik, sürdürülebilirlik ve atık azaltma yönünde çalışmalarda sürmektedir. Bu çalışmalar kapsamında, reaksiyon kesit değerlendirmesi, nükleer reaktör tasarımının araştırılması ve ilerletilmesi için çok önemlidir. Özellikle reaktör yapısal malzemelerinin seçimi, etkinliği, uygulanabilirliği ve emniyet

konularında nötron kaynaklı reaksiyon tesir kesiti hesaplamalarının geliştirilmesi ve yeni kesit verilerinin elde edilmesi ön plana çıkmaktadır.

Fisyon reaktörlerinde temel yapısal sağlamlığı vermek amacı ile kullanılan paslanmaz çelik alaşımların içeriğindeki temel bileşen Ni elementidir. Reaktörlerdeki paslanmaz çelik alaşımlar Krom-Nikel ve/veya Krom-Nikel-Molibden den oluşur. Nikel elementi reaktör çekirdeğinde kullanılan bir yapı malzemesi olduğu için reaktördeki nötronlar ile etkileşime girmektedir. Bu durum, paslanmaz çelik malzemenin içeriğindeki Ni ve Fe atomlarının değişimi ile temel alaşımın zarar görmesine neden olmaktadır. Reaktör çekirdeğindeki kullanılan malzemenin nükleer reaksiyon sonucunda deformasyonu, reaktöre ve çalışma verimine oldukça zarar vermektedir (Greenwood, 1983). Reaktörlerde kullanılan yapısal malzemelerin öneminin anlaşılması ve maruz kaldıkları nükleer reaksiyonlar için teorik tesir kesiti çalışmalarının yapılması gereklidir. Araştırma geliştirme çalışmalarının odak noktası; bu etkiyi anlamak, özel bileşenleri ve mikro yapıları geliştirme aşamasında tesir kesiti verilerini kullanmak ve uygun malzemeyi üretmektir. Bu amaçla, deneysel yollar ile elde edilemeyen ve/veya maliyet yüksekliği nedeniyle gerçekleştirilemeyen deneyler için teorik tesir kesiti verileri kullanılması gerekir (Özdoğan vd., 2019, Sahan vd., 2015, Demir vd., 2015, Aydın vd., 2015). Bu çalışmada, tesir kesiti verilerinin elde edilmesine yönelik olarak Yapay Sinir Ağlarının (ANN) kullanımı incelenmiştir.

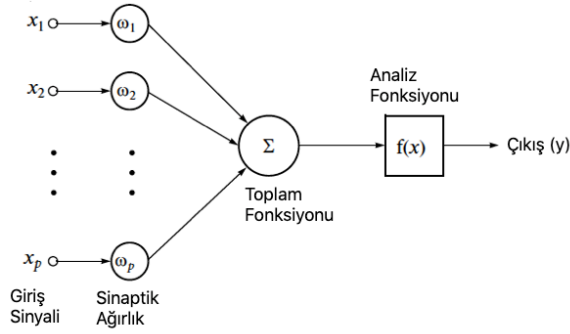
Son yıllarda yapay sinir ağları fizik, mühendislik, ekonomi, tıp gibi birçok alanda ve birçok uygulamada kullanılan bir algoritma olarak ortaya çıkmıştır. Yapay sinir ağları; karmaşık fenomenleri simüle etmek veya

analiz etmek için insan beynindeki sinir ağları yapısını model olarak kullanır ve sinir ağlarının çalışma prensiplerini analitik olarak inceleyen bilgisayar ve matematik biliminin bir kolunu ifade eder (Mashad vd., 2010). Konu ile ilgili ilk çalışmalar sinir ağlarının beyin içerisindeki yapısının modellenmesi arzusuyla gerçekleştirilmiştir ve algoritma modellemesi bir yapay sinir ağının temel yapı taşı olan ve birbirine belirli bir şekilde bağlı olan nöronları baz alarak gerçekleştirilmiştir. Yapay sinir ağlarını bir başka şekilde ifade etmek gerekirse, beyin sinir ağlarını taklit eden bilgisayar algoritmasıdır. Canlı beynin bazı çalışma ilkelerine benzeyen özellikleri kullanılarak hesaplama ve analiz sistemlerinin yeni neslini temsil etmektedir. Yapay sinir ağları kullanılacak olan model seçimi ve sınıflandırılması, fonksiyon tahmini, optimum değerleri bulma, parametre optimizasyonu ve veri paketlerinin sınıflandırılması gibi pek çok alanda başarılı sonuçlar vermektedir.

Bu çalışmada, yapay sinir ağları kullanarak $^{58}\text{Ni}(n,\gamma)^{56}\text{Ni}$, $^{60}\text{Ni}(n,\gamma)^{61}\text{Ni}$, $^{62}\text{Ni}(n,\gamma)^{63}\text{Ni}$, $^{63}\text{Ni}(n,\gamma)^{64}\text{Ni}$, $^{64}\text{Ni}(n,\gamma)^{65}\text{Ni}$, $^{58}\text{Ni}(p,\gamma)^{59}\text{Cu}$, $^{60}\text{Ni}(p,\gamma)^{61}\text{Cu}$, $^{61}\text{Ni}(p,\gamma)^{62}\text{Cu}$, $^{62}\text{Ni}(p,\gamma)^{63}\text{Cu}$, $^{64}\text{Ni}(p,\gamma)^{65}\text{Cu}$, $^{58}\text{Ni}(\alpha,\gamma)^{62}\text{Zn}$, $^{60}\text{Ni}(\alpha,\gamma)^{64}\text{Zn}$, $^{61}\text{Ni}(\alpha,\gamma)^{65}\text{Zn}$, $^{62}\text{Ni}(\alpha,\gamma)^{66}\text{Zn}$, $^{64}\text{Ni}(\alpha,\gamma)^{68}\text{Zn}$ nükleer reaksiyonları için tesir kesiti verileri ve yapay sinir ağları ile gerçekleştirilen hesaplama sonuçları incelenmiştir. Sonuçların, bilinen reaksiyon modelleri kullanılarak karşılaştırması için TALYS 1.9 (Koning vd., 2017) ve EMPIRE 3.2 (Herman vd., 2007) yazılımları ile de hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aynı zamanda EXFOR (NRDC-EXFOR) veri tabanında bulunan deneysel değerlerle ve hesaplanmış teorik sonuçlarla TENDL (Rochman vd., 2016) veri kütüphanesinde karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

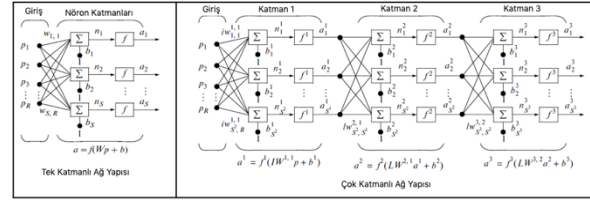
Makale Yapay sinir ağları, canlı beynin bir işlevi yerine getirme sistematiğini matematiksel bir model (algoritma) kullanarak tasarlanan hesaplama ve analiz sistemidir. Temel bir yapay sinir hücresi gerçek bir sinir hücresine göre çok daha basittir. En temel sinir modeli Şekil 1'de verilmiştir. Burada; “giriş sinyali”, verilen nöronun girişine dışarıdan veya diğer nöronlardan aktarılan sinyalleri, “Σ” giriş sinyallerinin toplayıcısını, “f(x)” aktarılan her bir sinyal için transfer fonksiyonunun hesaplayıcısıdır (aktivasyon fonksiyonu), “çıkış” nöronun çıkış sinyalleridir.



Şekil 1. Bir nöron çalışma modeli.

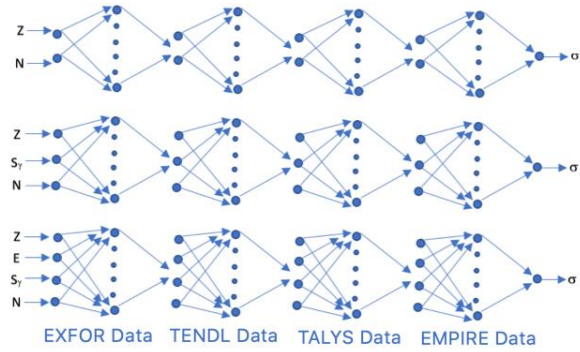
Yapay sinir ağları sistemi, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve katmanlar şeklinde düzenlenir. Yapay sinir ağı hem tek katmanlı bir yapıya hem de çok katmanlı bir yapıya sahip olabilir. Şekil 2’ de farklı nöron katmanları arasında bağlantılar gösterilmiştir. Katmanlar arasındaki bu bağlantıların ağırlıklarının güncellemek için öğrenme süreci gereklidir. Bu süreçte; teorik ve deneysel sonuçlar ile elde edilen eğitim verileri çok katmanlı yapının girişine uygulanır ve düğüm noktalarından elde edilen çıktılar her bir katmanda hesaplanır. En son katmanda yer alan çıktı ile istenilen çıktı arasında korelasyona bağlantısı kurulur. Bu bağlantı

değeri bire ne kadar yakınsa sonuç o kadar başarılıdır (Beale vd., 2013).



Şekil 2. Tek ve çok katmanlı yapay sinir ağı modeli.

Teorik olarak tesir kesiti hesaplamaları için yapay sinir ağları modeli oluşturulurken birden fazla girdiye ve bir çıktıya sahibiz. Şekil 3’de görüldüğü gibi girdiler; mermi parçacık enerjisi, mermi parçacık türü (proton, nötron, gama, alfa vb...), hedef çekirdeğin atom ve kütle numaraları, reaksiyonumuzda gama yayınlanması olduğu için gama ayrılma enerjisi ve çıktı olarak tesir kesiti değeridir.



Şekil 3. Çok katmanlı yapay sinir ağı modeli.

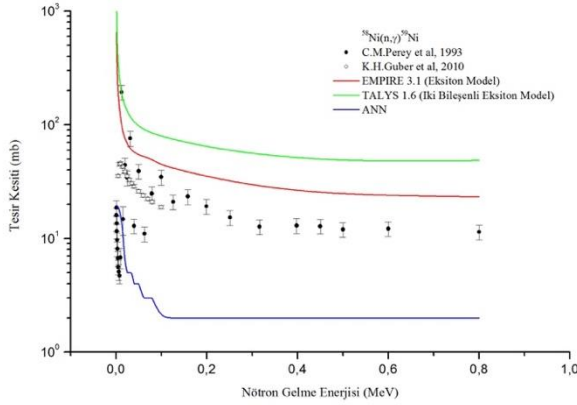
Şekil 3’ de oluşturulan sinir ağı modellerine yönelik olarak, farklı katmanlı sinir ağları oluşturulmuştur. Birinci katman EXFOR nükleer veri tabanından alınan deneysel sonuçlardan, ikinci katman TENDL nükleer reaksiyon modelleri ile gerçekleştirilen hesaplama sonuçlarından, üçüncü ve dördüncü katman ise TALYS 1.9 ve EMPIRE 3.2 programları kullanılarak elde edilen sonuçlardan yararlanılarak oluşturulmuştur. Birbiri ile ilişkilendirilen bu çok katmanlı yapay sinir ağları modeli kullanılarak

hesaplamalar ve optimizasyonlar gerçekleştirilmiştir.

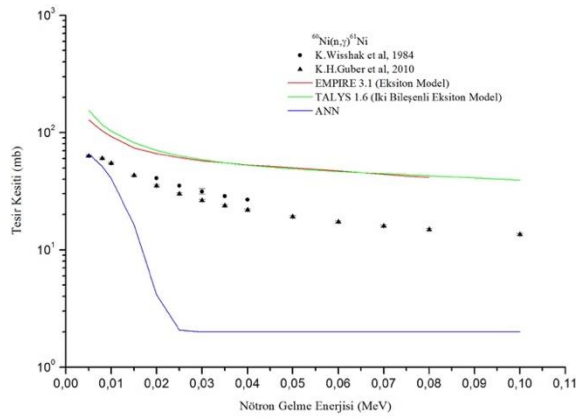
3. Bulgular

Bu çalışmada, uygulama kriterleri yaklaştırma oranı, deneysel veriler, değerlendirilmiş veriler ve teorik nükleer reaksiyon modelleri

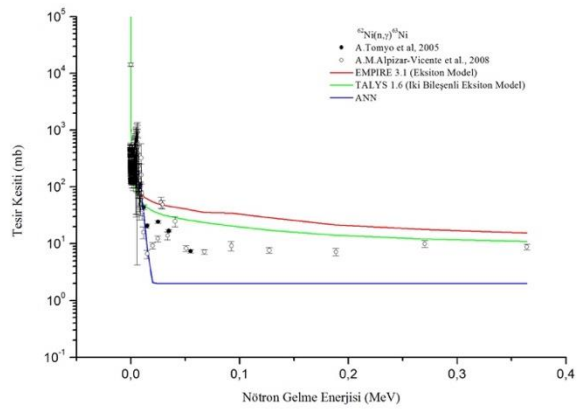
ile gerçekleştirilen hesaplama değerleri kullanılarak yapay sinir ağı modeli oluşturulmuştur. Model kullanılarak tesir kesitleri hesaplanmış ve optimizasyon sonuçları ile deneysel sonuçlara dair karşılaştırmalı grafiklere Şekil 4-6'da, yer verilmiştir.



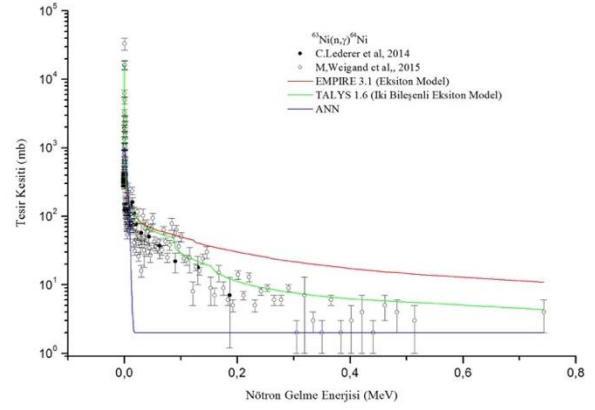
(a)



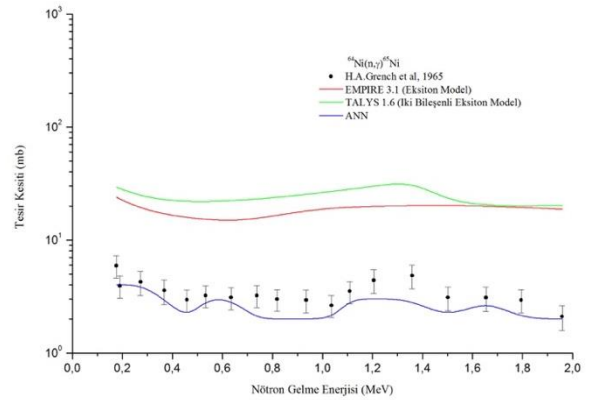
(b)



(c)



(d)



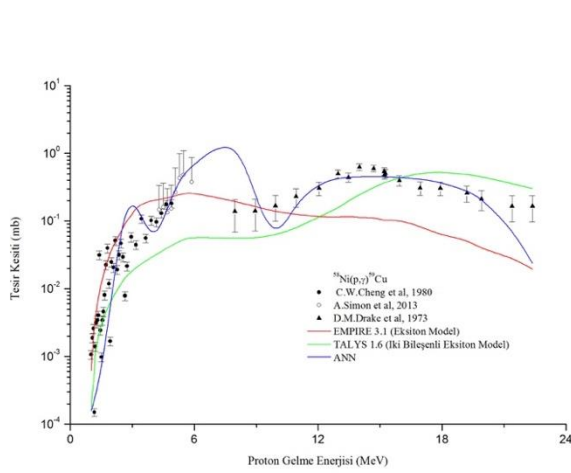
(e)

Şekil 4. (a) $^{58}\text{Ni}(n,\gamma)^{56}\text{Ni}$, (b) $^{60}\text{Ni}(n,\gamma)^{61}\text{Ni}$, (c) $^{62}\text{Ni}(n,\gamma)^{63}\text{Ni}$, (d) $^{63}\text{Ni}(n,\gamma)^{64}\text{Ni}$, (e) $^{64}\text{Ni}(n,\gamma)^{65}\text{Ni}$ reaksiyon tesir kesiti hesaplamaları ve deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması.

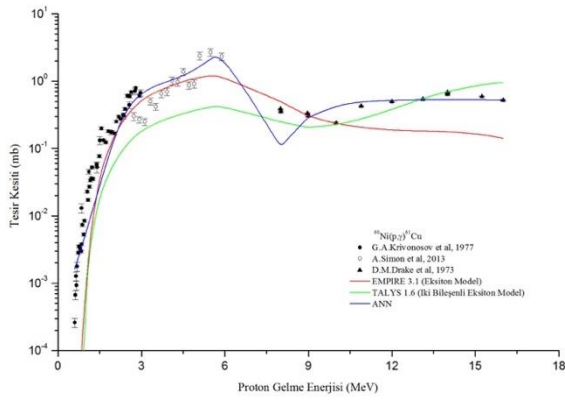
58,60,62,63,64Ni izotopları için hesaplanan (n, γ) reaksiyon tesir kesiti değerleri, ANN ile gerçekleştirilen optimizasyon değerleri ve deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması Şekil 4' de verilmiştir. Şekil 4 (a) ve (b)' de ANN hesaplama sonuçları deneysel veriler ile tam uyum sergilememiştir. Ancak, Şekil 4 (c) ve

(d)' de düşük enerjili nötronlar ile gerçekleştirilen deneylerde uyum gösterdiği, nötron enerjisinin artışı ile sabit değer olarak deneysel sonuçların altında bir değer aldığı gözükmemektedir. Şekil 4 (e)' de ise TALYS ve

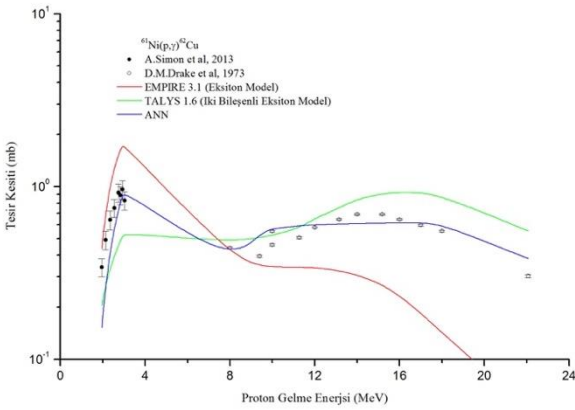
EMPIRE ile gerçekleştirilen hesaplamalar deneysel sonuçlar ile uyumsuzken, ANN ile gerçekleştirilen hesaplamalar deneysel sonuçlar ile tam uyumlu olduğu görülmektedir.



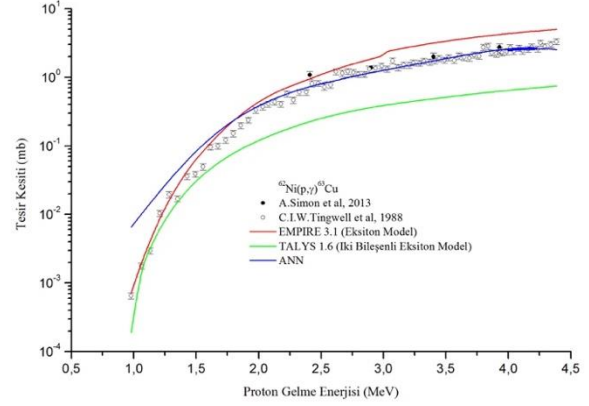
(a)



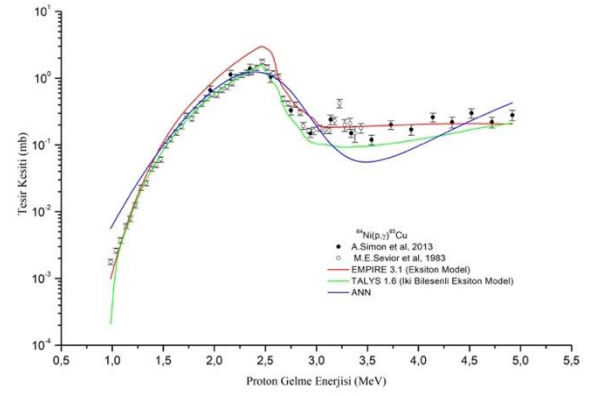
(b)



(c)



(d)

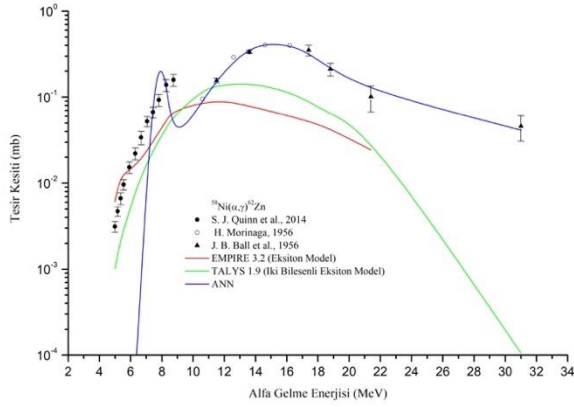


(e)

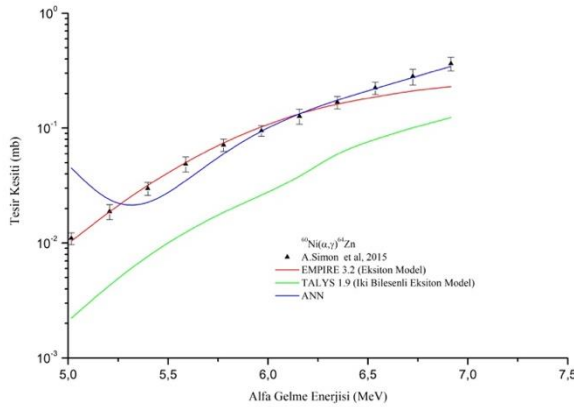
Şekil 5. (a) $^{58}\text{Ni}(p,\gamma)^{59}\text{Cu}$, (b) $^{60}\text{Ni}(p,\gamma)^{61}\text{Cu}$, (c) $^{61}\text{Ni}(p,\gamma)^{62}\text{Cu}$, (d) $^{62}\text{Ni}(p,\gamma)^{63}\text{Cu}$, (e) $^{64}\text{Ni}(p,\gamma)^{65}\text{Cu}$, reaksiyon tesir kesiti hesaplamaları ve deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması.

58,60,61,62,64Ni izotopları için hesaplanan (p, γ) reaksiyon tesir kesiti değerleri, yapay sinir ağları (ANN) ile gerçekleştirilen optimizasyon değerleri ve deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması Şekil 5’ de verilmiştir. Verilen sonuçlar incelendiğinde ANN modeli

ile gerçekleştirilen hesaplamaların sonuçları neredeyse deneysel veriler ile tam uyumludur. Hem düşük enerjili hem de yüksek enerjili protonlar için bu uyum oldukça net bir şekilde gözükmemektedir.

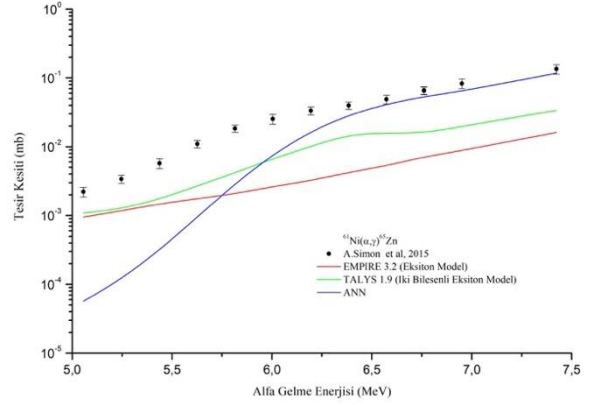


(a)

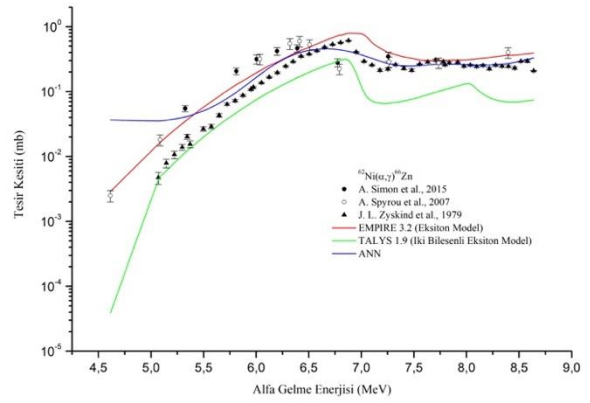


(b)

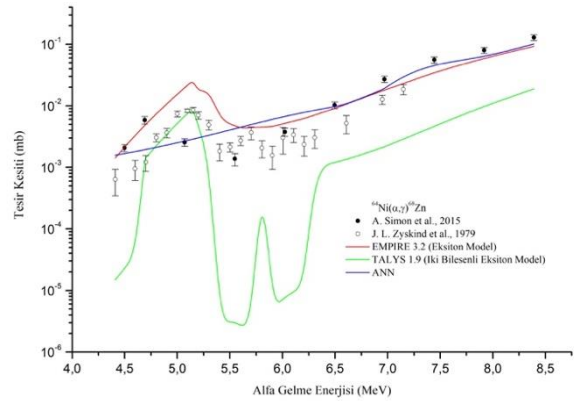
58,60,61,62,64Ni izotopları için hesaplanan (α, γ) reaksiyon tesir kesiti değerleri, ANN ile gerçekleştirilen optimizasyon değerleri ve deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması Şekil 6’ da verilmiştir. Verilen sonuçlar incelendiğinde ANN modeli ile gerçekleştirilen hesaplamaların sonuçları yaklaşık 6 MeV alfa gelme enerjisinden sonra neredeyse deneysel veriler ile tam uyumludur.



(c)



(d)



(e)

Şekil 6. (a) $^{58}\text{Ni}(\alpha, \gamma)^{62}\text{Zn}$, (b) $^{60}\text{Ni}(\alpha, \gamma)^{64}\text{Zn}$, (c) $^{61}\text{Ni}(\alpha, \gamma)^{65}\text{Zn}$, (d) $^{62}\text{Ni}(\alpha, \gamma)^{66}\text{Zn}$, (e) $^{64}\text{Ni}(\alpha, \gamma)^{68}\text{Zn}$ reaksiyon tesir kesiti

hesaplamaları ve deneysel sonuçlar ile karşılaştırılması.

TALYS ve EMPIRE ile gerçekleştirilen hesaplama sonuçları bazı enerjiler için deneysel verilere yakın değerler almış olsa da deneysel veriler ile tam uyumlu değildir. Bunun sebebi, uyumsuzluğun olduğu enerji bölgelerinde ANN için yeterli eğitim verisinin olmamasından kaynaklanmaktadır. Deneysel veya hesaplanmış sonuçlar ile elde edilen yeterli verinin olduğu (p, γ) reaksiyonları için gerçekleştirilen ANN hesaplama sonuçları deneysel veriler ile daha uyumlu sonuç verdiği Şekil 5’de görülmektedir.

4. Sonuç ve Tartışma

Yapay sinir ağları modeli, nükleer reaksiyon etkileşiminin özelliklerini incelemek ve gerekli optimizasyonları yapmak için yeni bir tekniktir. Yapay sinir ağlarının sonuçları, diğer teorik reaksiyon modelleri ile elde edilen hesaplama sonuçları ve geçerli olan deneysel verilere neredeyse uyum göstermiştir. Yapay sinir ağları, nükleer reaksiyon kesit hesaplamalarının modellenmesinde, hesaplanmasında ve optimizasyonunda geniş kullanım olanağı sağlar. Yapay sinir ağları modeli, deneysel verilere, değerlendirilmiş verilere ve teorik nükleer reaksiyon modelleri ile gerçekleştirilen hesaplama değerlerine dayalı verilere bağlıdır. Bu veriler kullanılarak gerçekleştirilen ANN modeli tesir kesiti optimizasyonu ve hesaplamaları; nükleer reaksiyonlara maruz kalan yapı malzemelerinin özelliklerinin araştırılması, nükleer veri tabanının güçlenmesi, nükleer reaksiyon modellerinin geliştirilmesi, hızlandırıcı ve reaktör teknolojisine yönelik malzeme seçimi ve büyük maliyet gerektiren deneysel çalışmalar için bir öngörü olması bakımından önemlidir.

5. Kaynaklar

Aydin, A., Pekdogan, H., Kaplan, A., Sarpün, İ. H., Tel, E., Demir, B. 2015. “Comparison of Level Density Models for the 60,61,62,64Ni(p,n) Reactions of Structural Fusion Material Nickel from Threshold to 30 MeV”, *J. Fusion Energ.* 34 (5), 1105-1108.

Beale, M. H., Hagan, M. T., Demuth, H. B., 2013. “Neural Network Toolbox™ User's Guide”.

Demir B., Kaplan A., Çapalı V., Özdoğan H., Sarpün İ. H., Aydın A. and Tel E. 2015. “Neutron Production Cross-Section and Geant4 Calculations of the Structural Fusion Material 59Co for (a,xn) and (g,xn) Reactions”, *J. Fusion Energ.* 34 (3), 636-641.

Greenwood, L. R. 1983. “A New Calculation Of Thermal Neutron Damage And Helium Production in Nickel”, *Journal of Nuclear Materials*, 115, 137-142.

Herman, M., Capote, R., Carlson, B.V., Oblozinsky, P., Sin, M., Trkov, A., Wienke, H., Zerkin, V. 2007. "EMPIRE: Nuclear Reaction Model Code System for Data Evaluation", *Nucl. Data Sheets*, 108, 2655-2715.

Koning, A. J., Hilaire, S., Goriely S. 2017. “TALYS-1.6 A Nuclear Reaction Program, User Manual”, Nuclear Research and Consultancy Group (NRG), Netherlands.

Mashad, M.EL., Bakry, M.Y.EL., Tantawy M., Habashy, D.M. 2010. “Artificial Neural Networks For Hadron Hadron Cross-Sections” *Tenth Radiation Physics Protection Conference*, 269, Cairo/Egypt.

NRDC-EXFOR (Experimental Nuclear Reaction Data File), Database Version of May 5, 2019. Brookhaven National Laboratory National Nuclear Data Centre.

<http://www.nndc.bnl.gov/nndc/exfor/>. Son Erişim Tarihi: 05.04.2019.

Özdoğan, H., Şekerci, M., Kaplan, A. 2019. "Investigation of gamma strength functions and level density models effects on photon induced reaction cross-section calculations for the fusion structural materials 46,50Ti, 51V, 58Ni and 63Cu", *Appl. Radiat. Isotopes* 143, 6-10.

Rochman, D., Koning, A. J., Sublet, J. Ch., Fleming, M., et al. 2016. "The TENDL library: hope, reality and future", proceedings of the *International Conference on Nuclear Data for Science and Technology*, September 11-16, 2016, Bruges, Belgium.

Sahan, M., Tel, E., Sahan, H., Kara, A., Aydin, A., Kaplan, A., Sarpun I. H., Demir, B., Akca, S., Yildiz, E. 2015. "Calculations of Double-Differential Neutron Emission Cross Sections for 9Be Target Nucleus at 14.2 MeV Neutron Energy", *J. Fusion Energ.* 34 (3), 493-499.