

Araştırma Makalesi

Nükleer Santraller için Yer Belirleme Kriterlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Değerlendirilmesi

Zeki Mehmet BAŞKURT¹, Cevdet Coşkun AYDIN^{*2}

¹Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Bölümü, Ankara, Türkiye

²Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Yer Seçimi,
Karar Destek Sistemleri,
Çok Kriterli Karar Analizi,
Coğrafi Bilgi Sistemleri

ÖZ

Nüfusun sürekli artış göstermesiyle, enerjide belirli kaynaklara bağımlılığın giderilmesi, enerji talebinin karşılanması, ithal yakıtların kullanımının en aza indirilmesi gibi ülke ekonomisini yakından ilgilendiren konularda ihtiyaçların karşılanması noktasında nükleer enerjinin Türkiye'nin enerji arzı kaynakları arasına dahil edilmesi planlanmıştır. Nükleer tesislerde kazaların önlenmesi ve sonuçlarının hafifletilmesi için yer seçiminde analitik çalışma yürütülmesi gereken diğer elektrik üretim santralleri ve endüstriyel tesislerden farklı olarak özel güvenlik yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle sadece inşaat, işletme ve sökülme aşamalarında değil yer seçimi aşamasında da bu güvenlik yaklaşımı ve buna dayalı kriterlerin araştırılması gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı Türkiye'de kurulacak bir nükleer santral için uygun yerlerin belirlenmesinde kullanılacak kriter setinin oluşturulması ve bu kriterler ışığında Coğrafi Bilgi Sisteminde (CBS) konuma dayalı analizler ile uygun alanların belirlenmesidir. Bu amacı gerçekleştirmek için diri faylar, deprem etkisi, soğutma suyu mevcudiyeti başta olmak üzere pek çok kriter CBS'de konuma dayalı veriler ile ifade edilerek bu kriterlere göre çalışma bölgesi puanlanmıştır. Karar verme sürecinde uygun alanların tespiti için karar kuralı olarak Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Batı Karadeniz bölgesinde nükleer santral kurulumu için uygun olabilecek yedi adet saha tespit edilmiş ve ülkemizde nükleer santrallerin yer seçiminde CBS'nin etkin bir araç olarak kullanımı için bir yaklaşım geliştirilmiştir.

Geographic Information System Approach to Evaluate Siting Criteria for Nuclear Power Plants

Keywords:

Site Selection
Decision Support Systems
Multicriteria Decision
Analysis
GIS

ABSTRACT

As a result of increasing energy demand, nuclear energy has been included among Turkey's energy supply sources in order to eliminate the dependence on certain sources and to decrease the use of imported fuels. Nuclear power plants (NPP) need a special safety regime to prevent accidents and mitigate the consequences of accidents. These safety regimes have different approach from other power plants and industrial installations. The criteria related to site selection and evaluation are vital values both in the construction, decommission and operation stages. The aim of this study is to define a set of criteria to identify suitable sites for building a nuclear power plant with using geographical information systems (GIS) capabilities. In application stage the criteria such as; seismicity, presence of cooling water and capable faults are defined by spatial objects in GIS environment and the study area is scored according to these criteria. Weighted linear combination method is used as decision rule for the determination of suitable areas. As a result of the study, seven sites which could be suitable for NPP in the Western Black Sea Region have been identified and an approach has been developed for the use of GIS as an effective tool in the field of site selection for nuclear power plants.

*Sorumlu Yazar

^{*}(ceaydin@hacettepe.edu.tr) ORCID ID 0000 - 0003 - 2064 - 6936
(mbaskurt1@yahoo.com) ORCID ID 0000 - 0002 - 6867 - 1535

1. GİRİŞ

Enerji temini ve elektrik üretiminde kullanılan fosil yakıtların iklim değişikliği ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri, doğalgazın ise belirli sayıda büyük üretici ülkeye bağlı olması dünya enerji arz kaynaklarını çeşitlendirme ihtiyacı doğurmaktadır. Nükleer santraller yüksek ilk yatırım maliyetlerine rağmen düşük işletme ve yakıt giderleri ile diğer seçenekler arasında avantajlı durumdadır (Kaya ve ark., 2015). Ayrıca nükleer santrallerde yakıt olarak kullanılan madenlerin diğer kaynaklara oranla dünya geneline daha dengeli dağılmış olması, düşük karbon salımı ve uzun işletme ömürleri sayesinde pek çok ülke elektrik üretiminde nükleer enerjiden faydalanmaktadır (Brook ve ark., 2014).

Türkiye’de elektrik üretiminin yaklaşık yarısı doğalgaza dayalı santraller tarafından gerçekleştirilmektedir. Doğalgaz temininin neredeyse tamamının ithalata dayanması diğer baz yük santrallerinin yanı sıra nükleer santralleri de Türkiye için önemli bir seçenek haline getirmektedir. Ülkemizin enerji talebi ve elektrik üretiminde mevcut kurulu gücü dikkate alınarak, arz güvenliğinin sağlanmasına ilişkin politikalar çerçevesinde, nükleer enerjinin elektrik üretim kaynakları arasına eklenmesine yönelik çalışmalar sürmektedir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2016).

Nükleer santraller diğer elektrik üretim tesisleri veya büyük endüstriyel tesislerden farklı olarak özel bir güvenlik yaklaşımına tabidir. Türkiye’nin de üyesi olduğu Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı’nın (IAEA) yayınladığı SF-1 kodlu Temel Güvenlik İlkeleri dokümanına göre güvenlik; insanların ve çevrenin radyasyondan kaynaklanan risklere karşı korunması ve radyasyondan kaynaklı risk oluşturabilecek tesis ve aktivitelerin güvenliği olarak tanımlanmıştır. Yine aynı dokümana göre güvenlik kavramı hem normal işletme durumunu hem de olası bir kaza durumunu kapsar (International Atomic Energy Agency, 2006).

Nükleer güvenlik ise uygun işletme koşullarının sağlanması, kazaların önlenmesi, kaza sonuçlarının hafifletilmesi ve radyasyon riski oluşturabilecek tesis çalışanlarının, halkın ve çevrenin radyasyonun zararlarından korunması olarak tanımlanmıştır. Nükleer güvenliğin amacı radyoaktivitenin her koşulda tesis içerisinde kalmasını ve ayrıca bir kaza durumunda radyoaktivite salımının, yönetmeliklerce verilen sınır değerlerinin üzerine çıkmadan hayata geçmesini sağlamaktır (Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, 2010).

Nükleer güvenliğin temini için ülkelerde nükleer tesislerin yer seçimi, kurulumu ve işletilmesine yönelik düzenleme ve denetimleri gerçekleştiren düzenleyici kurumlar bulunmaktadır. Türkiye’de nükleer alanda düzenleme yetkisi 1982

yılında çıkarılan 2690 sayılı kanun ile Türkiye Atom Enerjisi Kurumu’na (TAEK) verilmiştir. Ertesi yıl yayınlanan “Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük” ile lisanslama süreci yer lisansı, inşaat lisansı ve işletme lisansı olarak üç aşamada tanımlanmıştır. Bu çerçevede bahsi geçen tüzük uyarınca nükleer tesisler nükleer güvenliğin temini için TAEK tarafından lisanslamaya tabi tutulur (Int Kyn. 1, 2017).

Türkiye’de nükleer santral kurulacak yerin lisanslanması yetkisi TAEK’e ait olmakla birlikte yer seçimi işi herhangi bir kurumun görev alanında değildir. Ancak nükleer güç santrali kurulması öngörülen sahalarda ve bu sahalarda yapılması gereken çalışmalarda nükleer güvenliğe ilişkin uyulması gereken esaslar Nükleer Güç Santrali Sahalarına İlişkin Yönetmelik ile belirlenmiştir.

Nükleer santral kurulumu için seçilen yer ve nükleer santral birbiri ile etkileşim içerisindedir. Yerin kendisinin, çevresinin ve insan kaynaklı dış olayların santrale doğrudan etkisi olduğu gibi bölgede bir nükleer santral bulunmasının da benzer şekilde tüm bu unsurlara etkisi vardır.

Seçilen yerin özellikleri, nükleer santral tasarımı, kurulum maliyeti ve süresi üzerinde de doğrudan etkilidir. Santralin güvenli olarak kurulup işletilmesi için yer seçimi ve değerlendirmesi oldukça önemlidir, bu nedenle nükleer santralin kurulacağı yerin lisanslanması, nükleer lisanslama sürecinin ilk aşamasıdır.

Ulusal mevzuatımıza ek olarak Birleşmiş Milletler bünyesinde faaliyet gösteren, Türkiye’nin de üyesi olduğu IAEA’nın SSG-35 kodlu güvenlik kılavuzuna göre nükleer tesislerin kurulacağı yere ilişkin değerlendirme işi iki ana süreç kapsamında tanımlanmıştır. Bunlar; yer belirleme süreci ve yer değerlendirmesi sürecidir. Bu iki süreç beş alt



Şekil 1. Yer Belirleme ve Yer Değerlendirme Süreçleri

aşamaya bölünmüştür. Bunlar yer araştırmaları aşaması, yer seçimi aşaması, yer özelliklerinin belirlenmesi aşaması, işletme öncesi aşama ve işletme aşaması olarak belirlenmiştir. Bu aşamaların ilişkisi Şekil 1’de verilmiştir (International Atomic Energy Agency, 2015)

Bu çalışmada ise yer araştırmaları kapsamında çalışma bölgesinin belirlenmesi ve seçilen bölgede yer seçimi konuları işlenmiştir. Nükleer santrallerin kurulumu için aday sahalardan belirlenmesi sürecince pek çok kriterin birlikte değerlendirilmesi, izlenmesi, yorumlanması ve bu kriterleri ifade eden verilerin yönetilmesi için CBS kullanımı denlenmiştir.

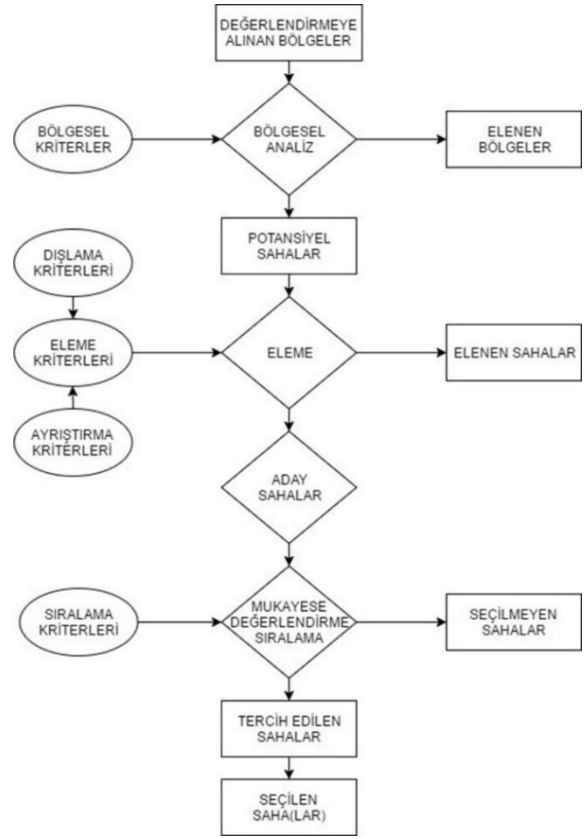
Dünya genelinde birçok tesis ve hizmet için olduğu gibi nükleer tesislerin de yer seçimi çalışmalarında CBS tabanlı çok kriterli karar analizleri uygulanmaktadır (Rikalovic ve ark., 2014; Kassim ve ark., 2016; Abudeif ve ark., 2015; Mays ve ark., 2016). Nükleer santraller için de özellikle yer araştırmaları ve yer seçimi aşamalarında konuma dayalı analizler ile uygun yerlerin belirlenmesi için bir model geliştirilmesinin faydalı olacağı değerlendirilmiştir.

Bu sayede Batı Karadeniz bölgesinde nükleer santral kurmak için uygun yerleri belirlemek ve bu yolla nükleer santrallerin yer seçimi için CBS destekli bir karar destek süreci oluşturmak hedeflenmiştir.

2. YÖNTEM

Yer belirleme süreci yer araştırmaları ve yer seçimi aşamalarını içerir. Yer araştırmaları aşamasında geniş bölgeler incelenerek ileri bir değerlendirme yapılmadan potansiyel yerler belirlenir. Yer seçimi aşamasında ise uygun olmayan yerler, bölgesel analizlere oranla daha detaylı ilave kriterler kullanılarak elenir ve yer değerlendirmesine tabi olacak, uygun olduğu varsayılan alanlar belirlenir.

Bu aşamada nükleer güvenliğe ilişkin kriterler ile projenin zaman ve maliyet açısından uygulanabilirliğine etki edecek diğer kriterler kullanılarak uygun görülen yerler mukayese edilir ve öne çıkan yer veya yerler (tercih edilen saha ve yedek sahalarda) belirlenir. Yer belirleme çalışmalarına ilişkin iş akışı Şekil 2'de verilmiştir (International Atomic Energy Agency, 2015).



Şekil 2. Yer Belirleme Çalışmalarına İlişkin İş Akışı

Yer değerlendirme süreci ise yer belirleme sürecindeki yer seçimi aşamasının bir bölümünü de kapsamakla birlikte esas olarak belirlenen sahalarda uygunluğunun teyidi için yer özelliklerinin belirlenmesi aşamasından oluşur. Yer seçimi çalışmalarının son bölümünde yer alan değerlendirme, mukayese ve sıralama işlemleri yer özelliklerinin belirlenmesinin ön aşaması kabul edildiğinden burada yer belirleme ve yer değerlendirme süreçlerinin üst üste bindiği ifade edilmiştir. Ayrıca yer değerlendirme süreci, işletme öncesi aşamada tasarım, inşaat ve kurulum dönemlerinde arazide yapılacak doğrulama çalışmaları, sahaya ilişkin kestirimlerin doğrulanması ve işletme aşamasında güvenlik denetimlerini içerir (International Atomic Energy Agency, 2015).

2.1. Çok Kriterli Karar Analizi ve Karar Kuralları

Çok kriterli karar problemlerinin bileşenleri üç başlıkta tanımlanabilir bunlar; karar verici, karar alternatifleri ve kriterlerdir (Zarghami ve ark., 2011). Çok kriterli karar problemleri genellikle geniş bir uygulanabilir seçenek yelpazesi ile çoklu ve birbirleriyle çatışan değerlendirme kriterleri içerir. Seçenekler genelde karar vericiler, yöneticiler ve paydaşlar gibi pek çok katılımcı tarafından değerlendirilir. Bu katılımcıların her biri değerlendirme kriterlerine farklı derecede önem verir. Bu sebeplerden çoğu konuma dayalı karar

probleminin çözümünde CBS tabanlı çok kriterli karar analizi uygulanır (Malczewski ve ark., 2006).

Ölçülebilir ve değerlendirilebilir kriterler karar analizinin temelini oluşturur. Konuma dayalı karar problemlerinde coğrafi varlıklara dair nicel ve nitel öznelilikler veya coğrafi varlıkların ilişkileri önemlidir. Bu sebeple çok kriterli karar analizi veri odaklıdır (Drobne ve ark., 2009). Problemlerin çözüm süreçleri üç yaklaşım içerir. Bunlar; değer ölçeklendirme, kriterleri ağırlıklandırma ve karar kuralını belirlemedir (Malczewski, 1999). Karar kuralının belirlenmesi en temel seviyede seçeneklerin değerlendirilmesi ve karar verilmesi için süreç ve yöntemlerin belirlenmesini sağlar. CBS literatüründe karar kuralları birleştirme yöntemleri olarak da tanımlanır. Birleştirme yöntemleri seçenekler hakkındaki verilerin ve karar vericinin tercihlerinin birleştirilmesini sağlar (Yoon ve ark., 1995).

Literatürde pek çok karar kuralı veya birleştirme yöntemi bulunmakla birlikte yaygın olarak; Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme, TOPSIS yöntemi, ELECTRE yöntemi, Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Değer/fayda fonksiyonu temelli yaklaşımlar uygulama alanı bulmaktadır. Bu kurallardan hangisinin kullanılmasının en uygun ve karar verici için en kullanışlı olduğu eldeki soruna bağlıdır. CBS destekli çok kriterli karar analizi uygulamalarında en yaygın kullanılan yöntemlerden biri Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemidir (Malczewski ve ark., 2006).

Bu çalışmada da, UAEA'nın SSG-35 dokümanında tavsiye edilen metodoloji gözetilerek ve kriterlerin birbirleri ile etkileşiminin düşüklüğü sebebiyle, sıkça kullanılan Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi seçilmiştir.

2.2. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme Yöntemi

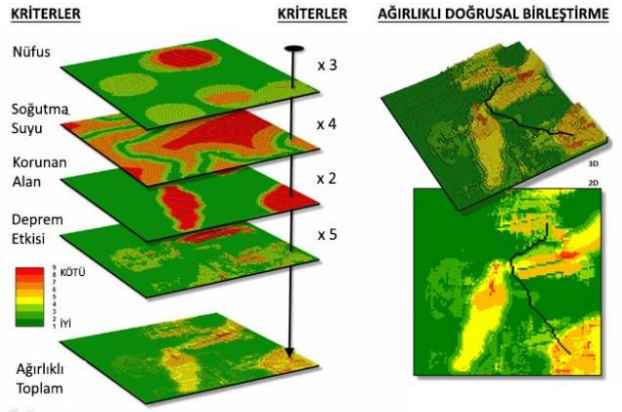
Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi sıklıkla arazi kullanımı, yer seçimi ve kaynak değerlendirme çalışmalarında kullanılmaktadır. Sık başvurulan bir yöntem olmasının temel sebebi harita uygulamaları ve kartografik modellemeler ile CBS ortamında kolay uygulanabilir olmasıdır (Yoon ve ark., 1995; Berry, 1993).

Karar seçenekleri $A(i)$, her bir (i) seçeneğinin j kriterine göre puanı $a(i,j)$, her bir (j) kriterinin ağırlığı $w(j)$ ile ifade edilirse Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme aşağıdaki matematiksel ifade ile açıklanabilir (Malczewski 2000).

$$A(i) = \sum_{j=1}^N a(i,j)w(j) \quad i = 1,2,3, \dots$$

Çalışma alanının her bir kriterine göre puanlanması sonucu puan haritalarının oluşması, bunların ağırlıklarla çarpılarak birleştirilmesine dayanan

yöntemin uygulanmasına ilişkin örnek Şekil 3'te sunulmuştur. (Int Kyn. 2, 2017)



Şekil 3. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme Yönteminde Örnek Uygulama

İlk adımda hedefler, değerlendirme kriterleri ve bunlara ek olarak öznelilikler belirlenmelidir. Örneğin hedef olarak "nükleer santral kurulumu için uygun sahaları bulmak" seçildikten sonra buna yönelik değerlendirme kriterleri seçilmeli ve bu kriterlerin CBS ortamında ifade edilmesini sağlayacak öznelilik bilgileri tanımlanmalıdır. Öncelikle tanımlanan her öznelilik kapsayıcı ve ölçülebilir olmalıdır. Aynı zamanda öznelilik bilgilerinin tam, işlevsel, ayrıştırılabilir, artıksız ve asgari seviyede olması önemlidir.

İkinci adımda CBS uygulamalarında seçeneklerin bağımsız bir piksel veya piksel grupları ile ifade edildiği varsayılır. Burada esas olarak dışlama kriterleri ile elenen bölgeler dışlanır ve geriye uygun olabilecek alanlar kalır. Ayrıca her bir kriter için hazırlanan haritaların uyumlaştırılması ve bütünlüğü sağlanır.

Üçüncü adımda her bir kriter için yapılan puanlamaya göre harita katmanları elde edilir. CBS uygulamalarında bu puanlama çoğunlukla mesafe ve yakınlık üzerinden yapılmaktadır. Bu adımda her kriterine göre dışlanan alanlar ve geriye kalan alanların puanlamaları elde edilir.

Dördüncü adımda her bir kriter için ağırlıklar atanır. Bu aşamada her kriter için nisbi önem derecesi belirlenmelidir. Kriterlere atanacak ağırlıklar sonucu doğrudan etkileyeceğinden karar vericinin kriterlerin birbirlerine göre önem derecesini doğru belirlemesi çok önemlidir. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yönteminde en sık yapılan hata, kriterlere genel değerlendirmeler sonucu bir ağırlık atanmasıdır. Yukarıda belirtildiği üzere kriterlerin ağırlıkları bağıl önem derecesine göre belirlenmelidir. Dolayısıyla her karar problemi için bu ağırlıklar farklılık gösterebilir. Ağırlıkların doğru atanması için pek çok yöntem önerilse de karar

vericinin öznel değerlendirmelerinden kurtarmak pek mümkün değildir.

Beşinci adımda her bir kriter için üretilen ve puanlama içeren harita katmanları atanan ağırlıklar ile çarpılarak birbirleri ile toplanır. Böylelikle birleştirilmiş bir harita elde edilir.

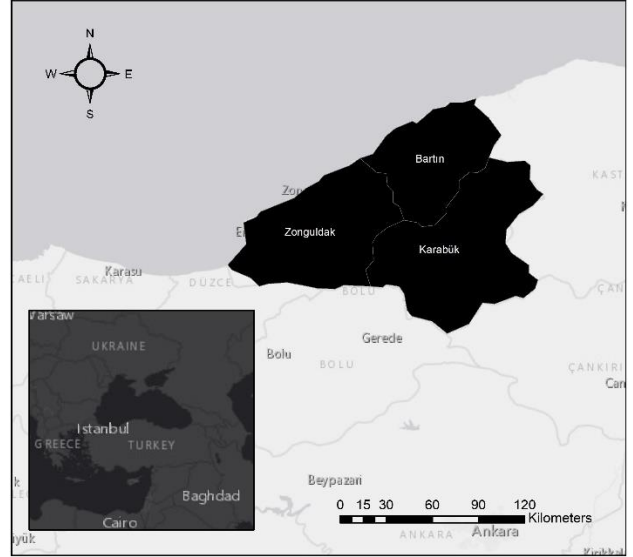
Altıncı ve son adımda ise ağırlıklı puanlamanın sonucu olarak en yüksek puanı alan bağımsız pikseller veya piksel grupları belirlenir. Böylelikle çalışma alanı en uygun olandan en az uygun olana göre renklendirilerek tematik bir karar haritası elde edilebilir. (Drobne ve ark., 2009; Malczewski, 2000; Stanimirovic ve ark., 2011; Hwang ve ark., 2012; Kim ve ark., 2006)

3. BULGULAR

3.1. Batı Karadeniz Bölgesinin Seçilmesi

Uygun yerlerin araştırılması aşamasında deprem riski gözetilerek Akkuyu Nükleer Santral Sahası'nın bulunduğu Akdeniz Bölgesi'nin Adana bölümü, İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü, Sinop Nükleer Santral Sahası'nın bulunduğu Karadeniz Bölgesinin Batı Karadeniz Bölümü ve Marmara Bölgesi'nin Yıldız Dağları Bölümü nükleer santral kurulumu için aday bölgeler olarak belirlenmiştir.

İç Anadolu Bölgesinin Konya Bölümü kuraklık riski ve soğutma suyu kaynaklarının yetersizliği nedeniyle seçim dışında bırakılmıştır. Akdeniz Bölgesi'nin Adana bölümünde deprem etkisi açısından güvenli gözükken bölgede Akkuyu Nükleer Santrali'nin kurulacak olması ve bu santralin zaten kurulu gücü ve kaynak çeşitliliği fazla olan bölgede enerji arzı açısından olumlu etkileri göz önünde bulundurularak elenmiştir. Marmara Bölgesi'nin Yıldız Dağları Bölümü, enerji verileri açısından santrale en çok ihtiyaç duyulan bölge olmasına rağmen nüfusu çok yüksek olan İstanbul'a yakın olması ve korunan alanların fazla olmasının sosyal kabul açısından olumsuz etkileri nedeniyle tercih edilmemiştir. Neticede, yer belirleme kriterlerine göre uygun olabilecek bölgeler arasından, enerji verileri ve sosyo-ekonomik veriler de göz önünde bulundurulduğunda Batı Karadeniz bölgesinin diğer bölgelere göre daha uygun olacağı değerlendirilmiştir. Batı Karadeniz bölgesinde Zonguldak, Bartın ve Karabük illerinden oluşan ve Şekil 4'te gösterilen bölge, çalışma bölgesi olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. Çalışma Alanı

Batı Karadeniz bölgesi, esas olarak madencilik faaliyetleri ve demir çelik sanayisi ile kalkınmış bir bölgedir. Bölgedeki iş gücünün önemli bir kısmı Cumhuriyetin ilk yıllarından beri bu iki sektörde istihdam edilmektedir. Kişi başına düşen elektrik tüketimi Zonguldak ve Karabük illerinde Türkiye ortalamasının iki katıdır. Ayrıca bölgede kurulması planlanan büyük sanayi tesisleri ile enerji talebinin artacağı düşünülmektedir (Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı, 2013).

3.2. Yer Belirleme Kriterlerinin Tanımlanması ve Ağırlıkların Belirlenmesi

Kriterlerin belirlenmesinde ulusal mevzuatta yer alan ve yer değerlendirme esnasında dikkate alınacak hususlar, UAEA dokümantasyonu ve örnek çalışmalar incelenmiştir. Kriterler belirlenirken masa başı çalışmalar ile sonuç alınabilecek, ilave saha etütleri gerektirmeyecek kriterlerin seçilmesine özen gösterilmiştir. Bu çerçevede eleme kriterleri olarak diri fay hatlarına yakınlık, deprem etkisi, soğutma suyu kaynaklarının mevcudiyeti ve yeterliliği, nüfus merkezlerine ve kalabalık yerleşimlere yakınlık, çevresel hassasiyete sahip bölgelere yakınlık, topografyanın elverişliliği, santral üzerinde etkisi olabilecek tesislere yakınlık seçilmiştir. Kriterlerin belirlenmesinde genellikle ilgili mühendislik çözümleri ile aşamayacak durumlardan kaçınılması gözetilmiş, yer değerlendirmesi kapsamına girecek ve saha etütleri yapılmadan anlaşılması mümkün olmayan veya veri bulunamayan konular dışarıda bırakılmıştır (International Atomic Energy Agency, 2015; Rizzo ve ark., 2015; Mays ve ark., 2012; Dominion Energy Inc. Bechtel Power Corporation, 2002; Kassim ve ark., 2016). Öncelikle her bir kriter için önem sırasına göre 1-5 arası ağırlıklar belirlenmiştir. Atanan ağırlıklar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kriterlerin ağırlıkları

Kriter	Ağırlık
Diri Faylar	5
Deprem Etkisi	4
Soğutma Suyu	4
Nüfus	3
Çevresel Hassasiyet	2
Topoğrafya	2

En yüksek ağırlık santralin güvenliğini doğrudan etkileyen deprem, sismik etki ve soğutma suyu mevcudiyeti konularına verilmiştir. Bölgedeki nüfus yoğunluğu, çevresel hassasiyet gibi mühendislik çözümleri ile aşamayacak konular ile aşılması çok yüksek maliyet getirecek topoğrafya ikinci derece, mühendislik çözümleri ile veya en kötü durumda söz konusu tesisin kapatılması veya faaliyetin sonlandırılması ile aşılabilecek insan kaynaklı dış olaylar en düşük ağırlıkla belirtilmiştir.

Ağırlıkların belirlenmesinden sonra her bir kriter için çalışma bölgesi puanlanmıştır. Bu puanlamada 5 puan en uygun olma, 1 ise en zayıf olma koşulunu temsil etmektedir. Bununla birlikte herhangi bir saha için kesinlikle elenmeyi gerektirecek bir durum var ise, 0 puan verilmiştir. Diğer bir deyişle herhangi bir kriterden 0 puan alan bölgeler elenmiş sayılır.

3.3. Diri Fay Hatlarına Göre İnceleme

Çalışma bölgesinin güneyinden geçen Kuzey Anadolu Fayı, dünyanın en diri faylarından bir tanesidir. Fay hattının toplam uzunluğu yaklaşık 1500-1600 km civarında olup (bazı araştırmacılara göre 1200 km'dir), atım miktarı en küçük 25 km ile en büyük 85 km arasında değişmektedir. Batı Karadeniz bölgesinde, bölge kuzey Anadolu fay hattı dışında aktif olan ve yetkin fay olarak tanımlanabilecek bir fay yoktur ancak eldeki veri kara kısmı ile sınırlıdır. Deniz aşırı fay araştırmalarının yapılması gerekmektedir.

TAEK'in çıkardığı "Nükleer Güç Santral Sahalarına İlişkin Yönetmelik"e göre bölgedeki jeolojik olaylar ve jeoteknik tehlikelerin araştırılması, jeolojik ve jeoteknik dış olaylar çerçevesinde değerlendirilmiştir. Buna göre: "Bölgesel çalışmalar, incelenecek alanın büyüklüğünün jeolojik ve tektonik yapıya bağlı olarak değişebileceği de dikkate alınarak, en az 150 km yarıçaplı olmak üzere bölgesel ve en az 25 km yarıçaplı olmak üzere yakın bölgesel çalışma olarak iki ayrı düzeyde yapılır. Saha çevresi araştırmaları en az 5 km yarıçaplı alan dahilinde yapılır. Saha araştırmaları tesis merkezli 1 kilometrekarelik alanda yapılır."

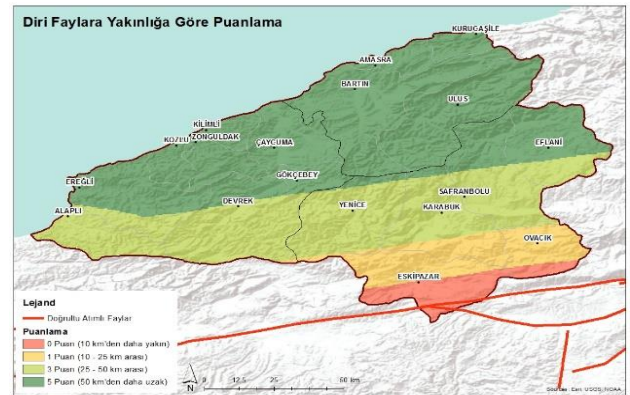
Bu mesafeler UAEA'nın SSG-9 kodlu güvenlik kılavuzu ile uyumludur. (International Atomic Energy Agency 2010). Ayrıca yine adı geçen Yönetmelik'e göre: "Boyu 300 m'den uzun ve reaktör merkezli 10 km yarıçaplı alan içerisinde kalan tüm fayların yetkin olup olmadıkları saptanır. Yetkin olduğu belirlenen faylar için santrale en yakın noktasından itibaren fayın her iki ucuna doğru 15 km olmak üzere toplam 30 km uzunluğundaki hattın ayrıntılı araştırması yapılarak, fayın uzunluğu, tektonik yapılarla ilişkisi, fay boyunca Kuvaterner dönemden bugüne oluşmuş herhangi bir depremle ilişkisi olan hareketlerin özelliği, atım miktarı ve tarihi ile fayın bütün kolları ve fay zonunun genişliği belirlenir." Bu çerçevede çalışmada tutucu bir yaklaşım benimsenerek santralin 10 km civarında diri fay bulunmaması kriteri aranmıştır. Kuzey Anadolu Fayı'nın doğurabileceği depremler dikkate alınarak, puanlama Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Diri faylara yakınlığa göre puanlama

Puan	Açıklama
5	Diri faylara 50 km'den uzak bölgeler
3	Diri faylara 25-50 km uzak bölgeler
1	Diri faylara 10-25 km uzak bölgeler
0	Diri faylara 10 km'den yakın bölgeler

İnceleme için EU-FP7 SHARE projesi kapsamında sunulan açık kaynaklı veriler kullanılmıştır (Giardini ve ark., 2013).

Fay hatları çizgi nesnelere ile ifade edilmiştir. Öznitelik verisi olarak fay tipleri, tektonik karakteristikleri, hangi fay zonuna dahil olduğu bulundurulmuştur. Tablo 2'deki puanlama esas alınarak fay hatları verisinden raster veri seti elde edilmiştir. Elde edilen raster veri 10, 25 ve 50km aralıklara göre sınıflandırılmış ve piksellere puan değerleri atanmıştır. Bu puanlama doğrultusunda oluşan tematik harita Şekil 5'te verilmiştir.

**Şekil 5.** Diri Faylara Yakınlığa Göre Puanlama Sonucu Oluşan Harita

3.4. Deprem Etkisine Göre İnceleme

Sahalardaki deprem yer ivmesi nükleer santraller için hem güvenlik hem de maliyet

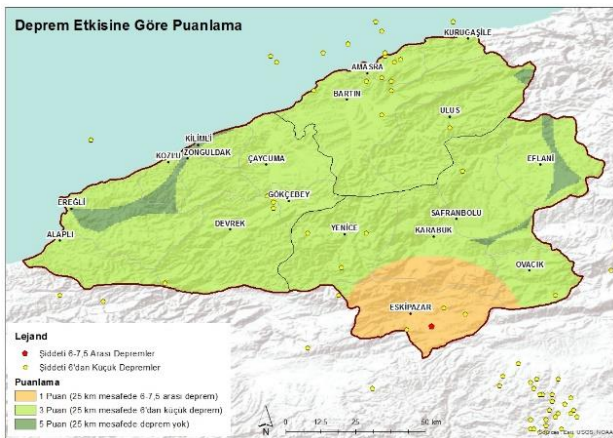
açısından büyük öneme sahiptir. Santrallerin tasarımında esas alınan en büyük yer ivmesi (g) değeri kurulum maliyeti üzerinde büyük etkiye sahiptir. Genel olarak bir nükleer santralde, yer ivmesi değerindeki yükselmeler nedeniyle oluşan maliyet artışları kalemlerde dikkate alınmaktadır (Dominion Energy Inc. Bechtel Power Corporation, 2002).

Yer ivmesine göre yapılan incelemelerde EU-FP7 SHARE projesi kapsamında sunulan açık kaynaklı veriler kullanılmıştır (Giardini ve ark., 2013). Verilerde depremler noktalarla ifade edilmiştir, öznitelik verisi olarak kayıt türü, deprem şiddeti ve tarihi bulundurulmuştur. SHARE veri seti MS. 1000 yılından itibaren bilinen depremleri içermektedir. Deprem kataloğundaki veriler esas alınarak puanlama Tablo 3'teki gibi yapılmıştır.

Tablo 3. Deprem etkisine göre puanlama

Puan	Açıklama
5	25 km'den yakında tarihsel veya aletsel deprem bulunmaması
3	25 km'den yakında 6 şiddetinden büyük tarihsel veya aletsel deprem bulunmaması
1	25 km'den yakında 7,5 şiddetinden büyük tarihsel veya aletsel deprem bulunmaması
0	25 km'den yakında, 7,5 şiddetinden büyük tarihsel veya aletsel deprem bulunması

Puanlama esas alınarak nokta ile ifade edilen deprem verileri şiddet verilerine göre kategorilere ayrılmıştır. Ayrıştırılan verilerden raster veri seti elde edilmiştir. Elde edilen raster veri 25 km mesafeye göre sınıflandırılmış ve piksellere puan değerleri atanmıştır. Bu puanlama doğrultusunda oluşan tematik harita Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Deprem Etkisine Göre Puanlama Sonucu Oluşan Harita

3.5. Soğutma Suyu Mevcudiyetine Göre İnceleme

Nükleer santraller normal işletme koşullarında yoğunlaştırıcıda oluşan ısının atılması için su

kaynaklarına ihtiyaç duyarlar. Ayrıca suyun mevcudiyeti sadece normal işletme koşullarında değil aynı zamanda olası kaza durumlarında oluşacak ısının soğutulması için de gereklidir. Soğutma suyu mevcudiyeti için Avrupa Çevre Ajansı, Euro Geographics ve Geo Community açık kaynaklı verileri kullanılmıştır.

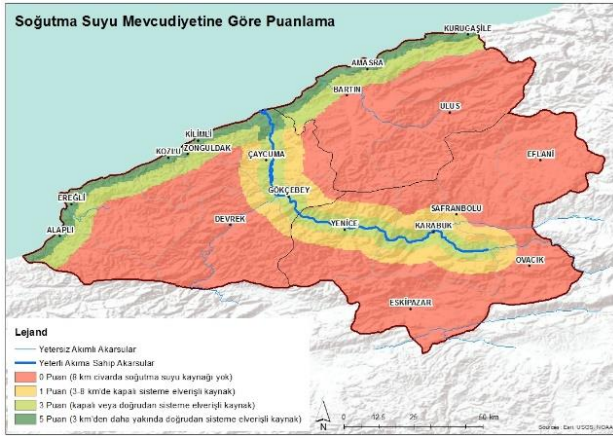
Çalışmada 1000MW üstü güce sahip, 4 veya daha fazla reaktörlü, tercihen doğrudan soğutma sistemi kullanılacak bir basıncı su reaktörü (PWR) kurulması kabulüne göre kurgulanmıştır. Su ihtiyacı reaktör başına 75 m³/sn, dört reaktörlü bir santral için 300 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Kapalı devre soğutmaya elverişli durumlarda 5 puan verilmemiş en yüksek 3 puan üzerinden puanlama yapılmıştır. Su ihtiyacı reaktör başına 5 m³/sn, dört reaktörlü bir santral için 25 m³/sn olarak hesaplanmıştır. Veri setinde soğutma suyu kaynağı olarak Karadeniz kıyı çizgisi ifade edilmiştir.

Akarsular da benzer şekilde çizgi nesnelere ile ifade edilmiş, öznitelik bilgisi olarak akım, derinlik ve ortalama ısı alınmıştır. Bu çerçevede, puanlama Tablo 4'teki gibi yapılmıştır.

Tablo 4. Soğutma suyu mevcudiyetine göre puanlama

Puan	Açıklama
5	0-3 km yakında doğrudan soğutma yapılabilecek güçlü kaynakların bulunması
3	3-8 km yakında doğrudan soğutma yapılabilecek güçlü kaynakların bulunması veya 0-3 km yakında kapalı devre soğutma yapılabilecek kaynakların bulunması
1	3-8 km yakında kapalı devre soğutma yapılabilecek kaynakların bulunması
0	8 km'den yakında soğutmaya elverişli kaynak bulunmaması

Bu puanlama doğrultusunda, doğrudan soğutma kaynağı olarak Karadeniz ve Filyos Çayı'nın çıkış ağzı, kapalı devre soğutma kaynağı olarak Filyos Çayı seçilmiştir. Kıyı kenar çizgisi ve akarsu verilerinden raster veri seti elde edilmiştir. Elde edilen raster veri Tablo 4'teki mesafelere göre sınıflandırılmış ve piksellere puan değerleri atanmıştır. Oluşan tematik harita Şekil 7' de verilmiştir.



Şekil 7. Soğutma Suyu Mevcudiyetine Göre Puanlama Sonucu Oluşan Harita

3.6. Nüfusa Göre İnceleme

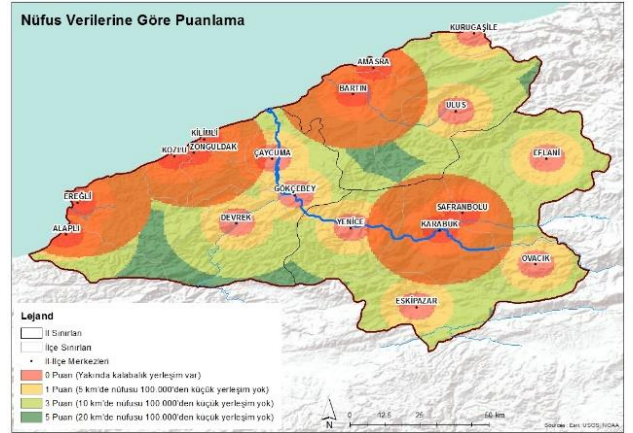
TAEK'in çıkardığı "Nükleer Güç Santrali Sahalarına İlişkin Yönetmelik"e göre: "Acil durum planlama bölgesi içinde, mümkünse, santralin ömrü boyunca nüfustaki değişikliklere ilişkin öngörüler çerçevesinde acil durum önlemlerinin uygulanabilirliği gösterilir. Aksi takdirde, önerilen santral için sahanın uygun olmadığına karar verilir." Dolayısıyla bölgedeki nüfus ve santral sahasının nüfus merkezine uzaklığı acil durum planlaması ve planların uygulanabilirliği açısından önemlidir.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ve TAEK iş birliğinde hazırlanan ve Afet ve Acil durum Yüksek Kurulu onayı beklenen Ulusal Radyasyon Acil Durum Planı'nda (URAP) radyasyon acil durumlarına hazırlık kapsamında tesisler kategorilere ayrılmıştır. Nükleer santraller 1. Kategoride değerlendirilmektedir. 1. Kategorideki tesisler için olası bir acil durumda derhal tahliye edilmesi gereken İhtiyati Eylem Bölgesi 5 km olarak tanımlanmıştır. Benzer şekilde İhtiyati Eylem Bölgesi öncelikli olmak kaydıyla tahliye edilmesi, güvenli tahliye mümkün değilse tahliye mümkün oluncaya kadar sınırlanması gereken (sığınma bir gün ile sınırlandırılmalıdır) Acil Koruyucu Planlama Mesafesi 20 km olarak tanımlanmıştır. Kaza sonrası yapılacak radyasyon izlemesi sonuçlarına ve yapılacak değerlendirmelere göre koruyucu eylemlerin uygulanacağı Genişletilmiş Planlama Mesafesi 100 km olarak tanımlanmıştır. Ayrıca meyve, sebze, süt ve yağmur suyu tüketiminin ve bölgedeki ticari malların dağıtımının kısıtlanması öngörülen Gıda Maddesi ve Ticari mal Kısıtlama Mesafesi 300 km olarak belirlenmiştir. URAP, UAEA'nın radyoaktif maddelerin dağılımı ve nüfus dağılımına ilişkin tavsiyelerin bulunduğu NS-G-3.2 kodlu güvenlik kılavuzu ışığında puanlama Tablo 5'teki gibi yapılmıştır (International Atomic Energy Agency, 2002).

Tablo 5. Nüfus verilerine göre planlama

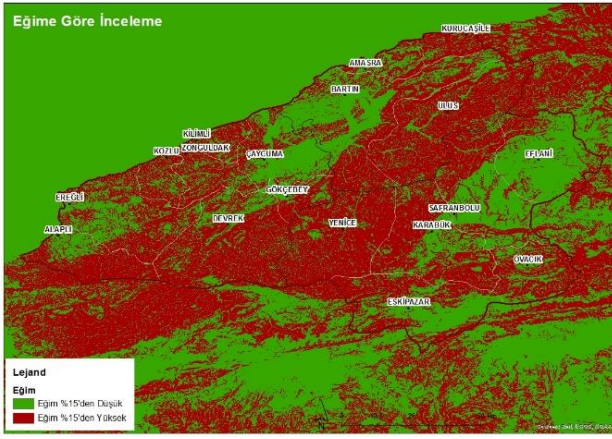
Puan	Açıklama
5	20 km'den yakında nüfusu 100.000'den az yerleşim bulunmaması
3	10 km'den yakında nüfusu 100.000'den az yerleşim bulunmaması
1	5 km'den yakında nüfusu 100.000'den az yerleşim bulunmaması
0	5 km'den yakında nüfusu 100.000'den az yerleşim bulunması veya 20 km'den yakında nüfusu 100.000'den fazla yerleşim bulunmaması

Veri setinde il sınırları ve ilçe sınırları alan, merkezleri ise nokta nesneleri ile ifade edilmiştir. Öznelik bilgisi olarak şehir nüfusu, köy nüfusu, toplam nüfus bilgileri kullanılmıştır. İdari sınırların ve yerleşim merkezlerinin verisi Harita Genel Komutanlığı web sitesinden (Int Kyn. 3, 2017), nüfus verileri ise Türkiye İstatistik Kurumu'nun Resmi İstatistik Portalından temin edilmiştir (Int Kyn. 4, 2017). Yerleşim merkezlerinin merkez nüfusları dikkate alınarak raster veri seti elde edilmiştir. Elde edilen raster veri Tablo 5'teki mesafelere göre sınıflandırılmış ve piksellere puan değerleri atanmıştır. Oluşan tematik harita Şekil 8'de verilmiştir.



Şekil 8. Nüfus Verilerine Göre Puanlama Sonucu Oluşan Harita

Bölgenin nüfusu yaklaşık 1 Milyon civarındadır. Zonguldak bölgedeki iller içinde en fazla nüfus yoğunluğuna sahip il İken, Bartın en az nüfus yoğunluğuna sahip olan ildir. Zonguldak ve Bartın göç verirken Karabük ili göç almaktadır. Ancak bölgede genel eğilim göç verme yönündedir. 2007-2012 yılları arasında üç ilde toplam net göç 25.000 dolaylarındadır. Özellikle 15-34 yaş grubu en fazla göç verilen yaş grubudur. Bölgede açılan yeni üniversiteler bölgeye alınan göçü artırarak bu oranı biraz olsun dengeleme eğilimindedir (Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı, 2013).



Şekil 11. Eğim Verilerine Göre Değerlendirme

3.9. Santral Üzerinde Etkisi Olabilecek Tesisler Açısından İnceleme

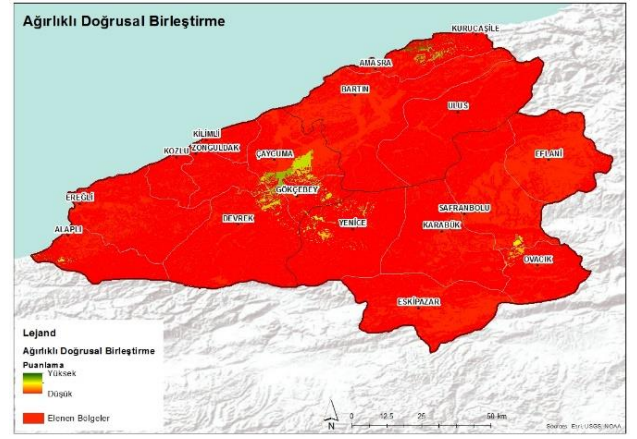
TAEK'in Nükleer Güç Santral Sahalarına İlişkin Yönetmelik'ine göre öncelikle, önerilen santral sahasının içerisi de dahil olmak üzere santralden 10 km'lik mesafe içerisinde yer alan ve tehlike oluşturma potansiyeline sahip tüm tesis ve faaliyetler belirlenir. Bundan daha uzak mesafedeki tesis ve faaliyetlerden, önerilen santralin güvenliği açısından önem taşıyabilecek olanlar da bu listeye dâhil edilir. Ancak bu tesislerin santral ile birlikte bulunamayacağına dair herhangi bir hüküm bulunmamaktadır.

Yine TAEK'in Özel Tasarım İlkeleri Kılavuzu'na göre tesis merkezli 10 km yarıçaplı alan içerisinde havaalanı yapılmaz ve yakın havaalanlarının iniş kalkış güzergâhları bu alan üzerinden geçirilmez. Bu çerçevede Özel Tasarım İlkeleri'ne istinaden havalimanlarının 10 km civarındaki bölgeler elenmiştir.

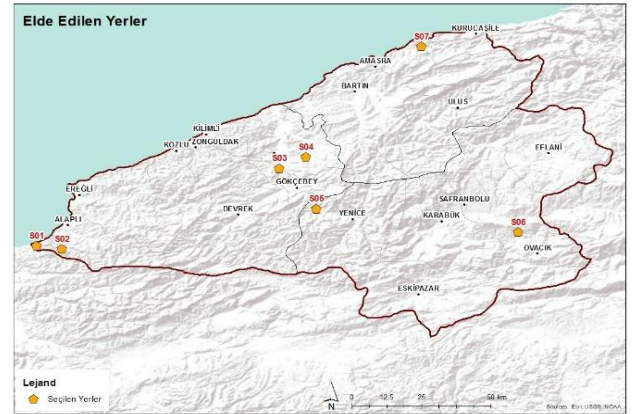
Yer değerlendirmesi sürecinde ilgili kurum, kuruluşlar ile yerel yönetimlerden envanter bilgisi alınması ve CBS'ye işlenmesinin faydalı olacağı değerlendirilmektedir. Bu çerçevede Zonguldak Havalimanı merkezli 10 km yarıçaplı alan elenmiştir. Eleme sonucu oluşan harita Şekil 11'de sunulmuştur.

4. SONUÇLAR

Her bir kriter için yapılan puanlama sonucu oluşan puanlar belirlenen ağırlıklar Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi ile birleştirilmiş ve Şekil 12'de sunulan çıktı harita elde edilmiştir. İnceleme sonucunda mukayese sürecine alınması değerlendirilen 7 adet saha tespit edilmiştir. Puanlama sonucu elenmeyen yerler uydu görüntülerinde saha boyutları, coğrafi özellikleri, ulaşım ve arazi kullanımı gibi başlıklarda incelenmiştir. Tespit edilen sahalar saha kodları verilmiş olup sahaları gösterir harita Şekil 13'te sunulmuştur.



Şekil 12. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme Sonucu Çalışma Bölgesinin Haritası



Şekil 13. Tespit Edilen Sahaları Gösterir Harita

Mukayese aşamasına alınması değerlendirilen sahaların inceleme sonucunda aldıkları ağırlıklı puanlar Tablo 7'de verilmiştir.

Soğutma suyu kaynağı olarak Karadeniz'e yakın olan S07 ve S01 kodlu sahalar en yüksek puanlı iki saha olarak öne çıkmaktadır. S07 kodlu saha sismik kaynaklara daha uzak olması sebebiyle daha yüksek puan almış, S01 kodlu saha ise sismik kaynaklara nispeten yakın olmasına karşın nüfus yoğun bölgelere ve koruma alanlarına daha uzak olduğundan yüksek puan almıştır.

En düşük puanı Filyos çayı üzerinde iç bölgelerde yer alan S05 ve S06 sahaları almıştır. En düşük puanı alan S05 sahası tüm kriterlerden düşük puan almıştır. S06 sahası ise diğer sahalarla oranla sismik kaynaklara daha yakın olduğundan düşük puan almıştır. Güvenilir bir soğutma kaynağına yakın ve sismik kaynaklardan uzak sahaların yüksek puan alması, soğutma kaynakları sınırlı ve sismik kaynaklara yakın sahaların ise düşük puan alması beklendik bir durumdur.

Tespit edilen 7 sahanın mukayese aşamasında özellikle jeolojik riskler, yakın yüzey malzemeleri (tabii zemin ve yakınındaki jeolojik yapı), taşıyıcı malzeme (santralin oturacağı zemindeki jeolojik yapı) ve meteoroloji gibi saha özelliklerinin de değerlendirilmesi gerekecektir. Bunun için

sahalarda ön etütlerinin yapılması zorunlu görünmektedir. Yer belirleme ve değerlendirme süreci ileri mühendislik bilgisi ve doğru mühendislik hükümlerinin verilmesini gerektiren bir süreçtir. Bu sürecin olabildiğince doğru ve sürdürülebilir ilerlemesi için iyi proje yönetimine ihtiyaç duyulmaktadır.

Tablo 7. Saha Puanları

Saha Kodu	Saha Puanı
S01	66
S02	55
S03	62
S04	54
S05	48
S06	50
S07	72

Özetle; çalışmada tespit edilen 7 saha arasından hangisinin nihai olarak seçileceği, mukayesede kullanılacak sıralama kriterlerinin belirlenmesi ve her sahanın bu kriterlere göre değerlendirilmesi sonucu belirlenmelidir. Bu değerlendirmeye uygun verilerin elde edilebilmesi için sahada etütlerin yapılması ve saha civarında çalışma yürütülmesi gerekmektedir. Benzer şekilde kapsamlı bir değerlendirme için yukarıda sıralanan disiplinlerde uzmanlardan oluşan bir ekibin çalışma yürütmesi önerilmektedir. Herhangi bir sahada karar kılınabilmesi ancak bu şekilde mümkün olacaktır.

KAYNAKÇA

- Abudeif, A., Abdel Moneim, A., & Farrag, A. (2015). Multicriteria decision analysis based on analytic hierarchy process in GIS environment for siting nuclear power plant in Egypt. *Annals of Nuclear Energy*, 682-692.
- Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı, (2013). 2014-2023 Batı Karadeniz Bölge Planı Cilt 1: Mevcut Durum Analizi.
- Berry, J. K. (1993). Cartographic Modeling: The analytical capabilities of GIS, Environmental Modeling with GIS, Oxford University Press.
- Brook, B. W., Alonso, A., Meneley, D. A., Misak, J., Bles, T., & van Erp, J. B. (2014). Why Nuclear Energy is Sustainable and Has to Be Part of The Energy Mix, *Sustainable Materials and Technologies*, 1, 8-16.
- Dominion Energy Inc. Bechtel Power Corporation. (2002). Study of potential sites for the development of new nuclear plants in the United States, U.S. Department of Energy.
- Drobne, S., & Lisec, A. (2009). Multi-attribute Decision Analysis in GIS: Weighted Linear Combination and Ordered Weighted Averaging, *Informatica*, 33, 459 – 474.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2016). 2017 Yılı bütçe sunumu.
- Giardini, D., Woessner, J., Danciu, L., Crowley, H., Cotton, F., Gruenthal, G., Pinho, R., Valensise, G., Akkar, S., Arvidsson, R., Basili, R., Cameelbeck, T., Campos-Costa, A., Douglas, J., Demircioglu, M. B., Erdik, M., Fonseca, J., Glavatovic, B., Lindholm, C., Makropoulos, K., Meletti, F., Musson, R., Pitilakis, K., Sesetyan, K., Stromeyer, D., Stucchi, M., & Rovida, A. (2013). Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE): Online Data Resource, doi:10.12686/SED-00000001-SHARE.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (2012). Multiple attribute decision making: Methods and applications a state-of-the-art survey, Springer Science & Business Media, 186.
- International Atomic Energy Agency. (2002). Dispersion of radioactive material in air and water and consideration of population distribution in site evaluation for nuclear power plants, Safety Guide, NS-G-3.2.
- International Atomic Energy Agency. (2006). Fundamental safety principles, Safety Fundamentals, SF-1.
- International Atomic Energy Agency. (2010). Seismic hazards in site evaluation for nuclear installations, Specific Safety Guide No. SSG-9.
- International Atomic Energy Agency. (2015). Site survey and site selection for nuclear installations, Specific Safety Guide No. SSG-35.
- Kassim, M., Heo, G., & Kessel, D. S. (2016). A Systematic Methodology Approach for Selecting Preferable and Alternative Sites for the First NPP Project in Yemen. *Progress in Nuclear Energy*, 91, 325-338.
- Kaya, K., & Koç, E. (2015). Enerji Üretim Santralleri Maliyet Analizi, *Mühendis ve Makine Dergisi*, 660, 61-68.
- Kim, I. Y., & de Weck, O. L. (2006). Adaptive Weighted Sum Method for Multiobjective Optimization: A New Method for Pareto Front Generation. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 31(2), 105-116.
- Malczewski, J. (1999). GIS and multicriteria decision analysis, John Wiley & Sons, New York
- Malczewski, J. (2000). On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS: Common and Best Practice Approaches, *Transactions in GIS*, 4, 5-22.
- Malczewski, J. (2006). GIS-Based Multicriteria Decision Analysis: A Survey of the Literature, *International Journal of Geographical Information Science*, 20, (7), 703-726,
- Mays, G. T., Belles, R. J., Blevins, B. R., Hadley, S. W., Harrison, T. J., Jochem, W. C., Neish, B. S., Omiaomu, O. A., & Rose, A. N. (2012). Application of spatial data modeling and geographical information systems (GIS) for identification of potential siting options for various electrical generation sources, Oak Ridge National Laboratory.

- Rikalovic, A., Cosic, I., & Lazarevic, D. (2014). GIS Based Multi-Criteria Analysis for Industrial Site Selection, *Procedia Engineering*, 1054-1063.
- Rizzo, P., Dubinsky, M., Tastan, E. O., & Miano, S. (2015). Site Selection for Nuclear Power Plants, International Nuclear Atlantic Conference – INAC, Sao Paulo.
- Stanimirovic, I. P., Zlatanovic, M. L., & Petkovic, M. D. (2011). On the Linear Weighted Sum Method for Multi-Objective Optimization, *Facta Universitatis*, 26, 49-63.
- Türkiye Atom Enerjisi Kurumu. (2010). Günümüzde nükleer enerji.
- USGS. (2004). Shuttle radar topography mission. Maryland: Global Land Cover Facility, University of Maryland.
- Yoon, K. P., & Hwang, C. L. (1995). Multiple attribute decision making: An Introduction, 104, Sage Publications, Thousand Oaks.
- Zarghami, M., & Szidarovszky, F. (2011). Multicriteria analysis applications to water and environment management, Springer.

İnternet Kaynakları

- 1-<http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-guvenlik/478-nukleer-santrallara-lisans-verilmesi.html> (01.12.2019)
- 2-<http://www.innovativegis.com/basis-mapanalysis/topic19/topic19.htm>, (10.10.2019)
- 3-<https://www.hgk.msb.gov.tr/> (11.09.2019)
- 4-<http://www.resmiistatistik.gov.tr/> (12.08.2019)
- 5-<http://geodata.ormansu.gov.tr/> (12.09.2019)