

**NÜKLEER SANTRALLER İÇİN YER BELİRLEME
KRİTERLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE
DEĞERLENDİRİLMESİ**

**GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM APPROACH TO
EVALUATE SITING CRITERIA FOR NUCLEAR POWER
PLANTS**

ZEKİ MEHMET BAŞKURT

DOÇ. DR. CEVDET COŞKUN AYDIN

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin
Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü
YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır

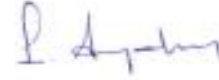
2017

ZEKİ MEHMET BAŞKURT' un hazırladığı “Nükleer Santraller için Yer Belirleme Kriterlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Değerlendirilmesi” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**’ nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa TÜRKER
Başkan



Doç. Dr. Cevdet Coşkun AYDIN
Danışman



Doç. Dr. Sultan KOCAMAN
Üye



Yrd.Doç. Dr. Emre SÜMER
Üye



Yrd.Doç. Dr. Kamil TEKE
Üye



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

YAYINLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanması zorunlu metinlerin yazılı izin alarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı dünya çapında erişime açılabilir ve bir kısmı veya tamamının fotokopisi alınabilir.
(Bu seçenikle teziniz arama motorlarında indekslenebilecek, daha sonra tezinizin erişim statüsünün değiştirilmesini talep etmeniz ve kütüphane bu talebinizi yerine getirirse bile, tezinin arama motorlarının önbelleklerinde kalmaya devam edebilecektir.)
- Tezimin/Raporumun 2019 tarihine kadar erişime açılmasını ve fotokopi alınmasını (İç Kapak, Özet, İçindekiler ve Kaynakça hariç) istemiyorum.
(Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir, kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı ve ya tamamının fotokopisi alınabilir)
- Tezimin/Raporumun tarihine kadar erişime açılmasını istemiyorum, ancak kaynak gösterilmek şartıyla bir kısmı veya tamamının fotokopisinin alınmasını onaylıyorum.
- Serbest Seçenek/Yazarın Seçimi

06 / 07 / 2017



Zeki Mehmet BAŞKURT

ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya başka bir üniversitede tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

05/07/2017



ZEKİ MEHMET BAŞKURT

ÖZET

NÜKLEER SANTRALLER İÇİN YER BELİRLEME KRİTERLERİNİN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Zeki Mehmet BAŞKURT

Yüksek Lisans, Geomatik Mühendisliği Bölümü

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Cevdet Coşkun AYDIN

Mayıs 2017, 107 Sayfa

Nükleer enerjinin Türkiye'nin enerji arz kaynakları arasına dâhil edilmesi ile kaynakların çeşitlendirilmesi, artan elektrik enerjisi talebinin karşılanması ve ithal yakıtlara bağımlılıktan kaynaklı risklerin azaltılması açısından son derece önemlidir.

Nükleer tesislerde kazaların önlenmesi ve sonuçlarının hafifletilmesi için yer seçiminde analitik çalışma yürütülmesi gereken diğer elektrik üretim santralleri ve endüstriyel tesislerden farklı olarak özel bir güvenlik yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle sadece inşaat, işletme ve söküm 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.

ABSTRACT

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM APPROACH TO EVALUATE SITING CRITERIA FOR NUCLEAR POWER PLANTS

Zeki Mehmet BAŞKURT

Master of Science, Department of Geomatics Engineering

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Cevdet Coşkun AYDIN

May 2017, 107 Pages

Including nuclear energy as a source of energy is extremely important for Turkey to meet this growing electricity demand and reduce the risks that result from dependency on imported fuels.

To prevent accidents and mitigate the consequences of accidents, nuclear power plants require a special safety regime, unlike other power generation plants and industrial sites. This safety approach begins with analytical work for site selection and evaluation. Nuclear safety and criteria based on this approach should be evaluated not only in the construction, operation, and decommissioning stage, but also during the site selection process.

The main objective of this study is to define a set of criteria to identify suitable sites to build a nuclear power plant and reveal suitable areas using geographical information systems via spatial analysis based on this criterion. In the application phase many criteria like capable faults, seismicity and presence of cooling water are represented by spatial objects in GIS and the study area is scored according to these criteria. In the decision making process 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 installation of a nuclear power plant 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.

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca bana her anlamda destek olan aileme, değerli eőim Sinem BAŞKURT'a ve iki yıldır birlikte çalıőtıęımız, yoğun iş y¼k¼ne rağmen bana yardımcı olan ve yol g¼steren danışmanım Sn. Doç. Dr. Cevdet Coşkun AYDIN'a teőekk¼rlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar	vi
ŞEKİLLER.....	vii
KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. NÜKLEER ENERJİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER VE MEVCUT DURUM.....	7
2.1. Nükleer Enerji ve Elektrik Üretiminde Kullanımı.....	7
2.1.1. Reaktör Teknolojileri	7
2.1.2. Dünyada Nükleer Santraller	11
2.1.3. Türkiye’de Nükleer Santral Projeleri	13
2.2. Nükleer Düzenleyici Denetim	16
2.2.1. Nükleer Güvenlik ve Nükleer Emniyet.....	16
2.2.2. Nükleer Lisanslama ve Düzenleyici Kurum	18
2.2.3. Türkiye’de Lisanslama Süreci.....	19
2.3. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı Yaklaşımı.....	24
2.3.1. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı Hakkında Genel Bilgiler	24
2.3.2. Kilometre Taşları Yaklaşımı ve Yeni Başlayan Ülkeler.....	25
2.3.3. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı Temel Güvenlik İlkeleri.....	28
2.3.4. Yer Belirleme Sürecine İlişkin Yaklaşımlar	29
3. NÜKLEER SANTRALLER İÇİN YER BELİRLEME ÇALIŞMALARINI VE TEMEL KRİTERLER	32
3.1. Yer Belirleme ve Yer Değerlendirme Çalışmalarının Tanımı.....	32
3.2. Yer Belirleme Çalışmaları	34
3.2.1. Yer Araştırmaları Aşaması.....	34
3.2.2. Yer Seçimi Aşaması	34
3.2.3. Yer Belirleme Sürecinde Kriterlerin Tanımlanması	35
3.2.3.1. Bölgesel Kriterler	36
3.2.3.2. Eleme Kriterleri	36
3.2.3.3. Sıralama Kriterleri	37

3.3.	Kriterlerin Sınıflandırılması.....	38
3.3.1.	Nükleer Güvenlik ile İlgili Kriterler.....	38
3.3.1.1.	Doğal Olaylar	39
3.3.1.2.	İnsan Kaynaklı Dış Olaylar	39
3.3.1.3.	Çevre ve Saha Özelliklerinin Radyoaktif Madde Yayılımına Etkisi.....	40
3.3.1.4.	Acil Durum Planlarının Uygulanabilirliği.....	40
3.3.2.	Nükleer Emniyet ile İlgili Kriterler	40
3.3.3.	Nükleer Güvenlik ile İlgili Olmayan Kriterler	41
3.4.	Yer Belirleme Sürecinde Kullanılması Öngörülen Veriler.....	41
4.	COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE KARAR DESTEK KAVRAMI.....	44
4.1.	Coğrafi Bilgi Sisteminin Fonksiyonları	44
4.2.	Konuma Dayalı Karar Destek Sistemleri ve CBS	46
4.3.	Çok Kriterli Karar Analizi ve Karar Kuralları.....	47
4.4.	Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme Yöntemi	48
5.	ÇALIŞMA ALANI: BATI KARADENİZ BÖLGESİ.....	51
5.1.	Bölgesel Analiz ve Çalışma Bölgesinin Belirlenmesi	51
5.2.	Yer Belirleme Kriterleri Açısından Araştırma.....	53
5.3.	Enerji Verileri Açısından Araştırma	56
5.4.	Batı Karadeniz Bölgesinin Seçilmesi	63
6.	COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE YER BELİRLEME AÇISINDAN BATI KARADENİZ BÖLGESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	66
6.1.	Yer Belirleme Kriterlerinin Tanımlanması ve Ağırlıkların Belirlenmesi.....	66
6.2.	Diri Fay Hatlarına Göre İnceleme.....	69
6.3.	Deprem Etkisine Göre İnceleme	71
6.4.	Soğutma Suyu Mevcudiyetine Göre İnceleme	72
6.5.	Nüfusa Göre İnceleme	73
6.6.	Çevresel Hassasiyete Göre İnceleme	75
6.7.	Topografyaya Göre İnceleme	77
6.8.	Santral Üzerinde Etkisi Olabilecek Tesisler Açısından İnceleme	79
6.9.	Uygulama Neticesinde Elde Edilen Bulgular	80
	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	85
	KAYNAKLAR.....	88
	ÖZGEÇMİŞ.....	93

TABLULAR

Tablo 1. Yer raporu bölümleri.....	22
Tablo 2. Kilometre taşları yaklaşımı nükleer altyapı başlıkları.....	26
Tablo 3. Veri bankasında bulunması tavsiye edilen veri grupları	27
Tablo 4. UAEA güvenlik gereksinimleri.....	30
Tablo 5. Yer belirleme ve değerlendirme çalışmalarında kullanılacak güvenlik kılavuzları.....	30
Tablo 6. Kurulu gücün yakıt cinslerine göre dağılımı.....	57
Tablo 7. TEİAŞ Bölge müdürlükleri bazında mevcut kurulu güç.....	58
Tablo 8. Yer seçiminde öne çıkan bölgelerin enerji görünümü	62
Tablo 9. Kriterlerin ağırlıkları ve açıklamaları.....	68
Tablo 10. Diri faylara yakınlığa göre puanlama.....	70
Tablo 11. Deprem etkisine göre puanlama.....	71
Tablo 12. Soğutma suyu mevcudiyetine göre puanlama.....	73
Tablo 13. Nüfus verilerine göre puanlama	74
Tablo 14. Korunan alanlara göre puanlama.....	76
Tablo 15. Saha Puanları.....	82

ŞEKİLLER

Şekil 1. Elektrik üretiminde kullanılan nükleer reaktörlerin sınıflandırılması.....	9
Şekil 2. İşletme halindeki reaktörlerin tiplere göre dağılımı.....	10
Şekil 3. İnşa halindeki reaktörlerin tiplere göre dağılımı.....	10
Şekil 4. İşletme halindeki reaktörlerin ülkelere göre dağılımı.....	12
Şekil 5. İşletme halindeki reaktörlerin reaktör yaşlarına göre dağılımı.....	13
Şekil 6. Türkiye'de nükleer santral kurulması planlanan sahalara.....	16
Şekil 7. Nükleer tesis lisanslama süreci.....	20
Şekil 8. Kilometre taşları yaklaşımı.....	26
Şekil 9. UAEA doküman hiyerarşisi.....	29
Şekil 10. Yer belirleme ve yer değerlendirme süreçleri.....	32
Şekil 11. Yer belirleme çalışmalarına ilişkin iş akışı.....	33
Şekil 12. Vektör ve raster verilere örnekler.....	45
Şekil 13. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yönteminde örnek uygulama.....	49
Şekil 14. Diri fayların değerlendirilmesi.....	54
Şekil 15. Deprem etkisinin değerlendirilmesi.....	55
Şekil 16. Soğutma suyu kaynaklarının değerlendirilmesi.....	55
Şekil 17. Nüfus verilerinin değerlendirilmesi.....	56
Şekil 18. 2016 Yılı Eylül ayı sonu itibarı ile elektrik enerjisi üretiminin birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı.....	57
Şekil 19. 1. Bölge 2016 kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı.....	59
Şekil 20. 7.Bölge 2016 kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı.....	59
Şekil 21. 8.Bölge 2016 kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı.....	60
Şekil 22. 9. Bölge kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı.....	60
Şekil 23. 10.Bölge 2016 kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı.....	61
Şekil 24. Çalışma bölgesi.....	64
Şekil 25. Örnek kriterler.....	67
Şekil 26. Diri faylara yakınlığa göre puanlama sonucu oluşan harita.....	70
Şekil 27. Deprem etkisine göre puanlama sonucu oluşan harita.....	72
Şekil 28. Soğutma suyu mevcudiyetine göre puanlama sonucu oluşan harita.....	73
Şekil 29. Nüfus verilerine göre puanlama sonucu oluşan harita.....	75
Şekil 30. Korunan alanlara göre puanlama sonucu oluşan harita.....	77

Şekil 31. SRTM verisinden elde edilen yükseklik modeli	78
Şekil 32. Çalışma bölgesinin eğim haritası	78
Şekil 33. Havalimanları açısından inceleme sonucu oluşan harita.....	80
Şekil 34. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme sonucu çalışma bölgesinin haritası	81
Şekil 35. Elde edilen sahaları gösterir harita	81

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AEK	: Atom Enerjisi Komisyonu
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
BM	: Birleşmiş Milletler
BWR	: Boiling Water Reactor / Kaynar Sulu Reaktör
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇNAEM	: Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi
EPR	: European Pressurized Reactor / Avrupa Basınçlı Su Reaktörü
FBR	: Fast Breeder Reactor / Hızlı Üretken Reaktör
GCR	: Gas Cooled Reactor / Gaz Soğutmalı Reaktör
GIS	: Geographic Information Systems / Coğrafi Bilgi Sistemleri
IAEA	: International Atomic Energy Agency / Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
LWR	: Light Water Reactor / Hafif Su Reaktörü
MTA	: Maden Tetkik ve Arama
NGS	: Nükleer Güç Santrali
NRC	: Nükleer Düzenleme Komisyonu (İng.)
OECD	: İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı
ÖGAR	: Ön Güvenlik Analiz Raporu
PWR	: Pressurized Water Reactor / Basınçlı Su Reaktörü
SHARE	: Seismic Hazard Harmonization in Europe
SPR	: Saha Parametreleri Raporu
TAEK	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
TBMM	: Türkiye Büyük Millet Meclisi
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
TEK	: Türkiye Elektrik Kurumu
UAEA	: Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
URAP	: Ulusal Radyasyon Acil Durum Planı
VVER	: Su Soğutmalı Su Yavaşlatıcılı Reaktör

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 ve elektrik arz kaynaklarını çeşitlendirme ihtiyacı doğurmaktadır. Nükleer santraller yüksek ilk yatırım maliyetlerine rağmen düşük işletme ve yakıt giderleri ile diğer seçenekler arasında avantajlı durumdadır [1]. Ayrıca nükleer santrallerde yakıt olarak kullanılan madenlerin diğer kaynaklara oranla dünya geneline daha dengeli dağılmış olması, düşük karbon salımı ve uzun işletme ömürleri nükleer enerjiyi pek çok ülke için önemli bir seçenek haline getirmektedir [2].

Türkiye’de elektrik üretiminin yaklaşık yarısı doğalgaza dayalı santraller tarafından gerçekleştirilmektedir [3]. Doğalgaz temininin neredeyse tamamının ithalata dayanması diğer baz yük santrallerinin yanı sıra nükleer santralleri de Türkiye için önemli bir seçenek haline getirmektedir [4]. 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 [5].

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 [6] 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.

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 [7]. Nükleer güvenliğin amacı radyoaktivitenin her koşulda tesis içerisinde kalmasını sağlamaktır. Ayrıca bir kaza durumunda radyoaktivite salımının izin verilen sınırlar altında ve kontrollü olarak gerçekleşmesini sağlamaktır [8].

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 [9].

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 içerisinde. 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 UAEA bünyesinde de nükleer santral kurulacak uygun yerlerin belirlenmesi ve değerlendirmesine ilişkin çeşitli standartlar ve kılavuzlar bulunmaktadır. UAEA yaklaşımında nükleer santrallerin yer seçimi ve değerlendirmesi süreci;

1. Yer araştırmaları aşaması
2. Yer seçimi aşaması
3. Saha özelliklerinin belirlenmesi aşaması
4. İşletme öncesi aşama
5. İşletme aşaması

olmak üzere beş aşamaya ayrılmıştır [10].

Nükleer santrallerin yer seçimine dair akademik çalışmalar arasında ilk göze çarpan Dutton ve ark. tarafından 1974 yılında yapılan çalışmadır. Bu çalışmada inşaat yatırımı, işletme giderleri ve iletim giderleri göz önünde bulundurularak santral kurulumunu en az maliyetle yapılabileceği yerlerin tespit edilmesine çalışılmıştır [65].

Maliyetin dışında risk üzerine yapılmış ilk rastlanan çalışma Feinstein tarafından yapılan ABD nükleer güvenlik mevzuatını incelediği çalışmadır. Bu çalışmada yer seçiminden

ziyade risklerin azaltılması için getirilecek kısıtlamalar, ihlaller denetimler ve olağandışı olaylar ele alınmıştır. İhlallerin önüne geçilmesi için yapılması gereken denetimleri ve sıklığını ortaya koyan bir istatistik model geliştirilmiştir. [66]

1984 yılında UAEA yayınlanan ve halihazırda yürürlükten kalkmış olan 50-SG-S9 kodlu güvenlik kılavuzu ile nükleer santraller için yer araştırmaları sırasında göz önünde bulundurulacak kriterlerin çerçevesi çizilmiştir.

Akademik alanın yanı sıra nükleer düzenleyici kuruluşlar, santral işleticisi firmalar tarafından ve üniversiteler işbirliği ile pek çok ülkede yer seçimi için kılavuzlar hazırlanmıştır. 2002 yılında Dominion Energy Inc. Tarafından ABD’de yeni kurulacak nükleer santraller için potansiyel sahaların seçilmesi adına pek çok kuruluşun işbirliği ile bir rapor hazırlanmış ve burada çevre, yer bilimleri, nükleer mühendislik, sosyo-ekonomi gibi pek çok alanda kriterler ve ağırlıkları tanımlanmıştır [40]. Benzer şekilde 2001 yılında Finlandiya’nın nükleer düzenleyici kurumu Säteilyturvakeskus (STUK) tarafından yer belirleme çalışmalarında nükleer güvenliği ilgilendiren kriterler tanımlanmıştır [39].

2002 yılında Kanada’da Electric Power Research Institute (EPRI) tarafından yayınlanan yer seçimine ilişkin kılavuz bugün yapılmakta olan çoğu çalışmaya temel teşkil etmektedir. Bu çalışmada günümüzde UAEA tarafından da benimsenen ve Bölüm 3’te detayları verilen yer belirleme çalışmalarına ilişkin iş akışı ve her adımda kullanılacak kriter setleri tanımlanmıştır [82].

Yer seçimi gibi çok ölçütlü karar analizi içeren problemlerde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile birlikte kullanılacak metotlara dair çok geniş bir literatür bulunmaktadır. Buna ilişkin olarak Malczewski 2006 yılında bir literatür araştırması yayınlamış ve çalışmasında 1990-2004 yılları arasında yayınlanan akademik çalışmaları incelemiş, en sık başvuru alan yöntemleri ortaya koymuştur. Buna göre araştırma kapsamındaki 15 yıl içerisinde yapılan çalışmalarda en çok kullanılan yöntem çalışmaların %402’inde kullanılan ağırlıklı toplama dayalı yöntemlerdir. Bunu sırasıyla TOPSIS, analitik hiyerarşi yöntemi (AHP) ve ELECTRE yöntemi izlemektedir [43].

Yine aynı çalışmaya göre çok ölçütü karar analizi ve CBS üzerine yayınlanan araştırmaların toplamda %43’ü arazi uygunluğu, yer araştırmaları ve seçimi üzerinedir [43].

Malczewski 1999 yılında yayınlanan kitabı ile CBS ve çok ölçütlü karar analizi uygulamaları ve yöntemleri hakkında bütünlüklü bir yazın oluşturmuştur [55]. Yazar 2000 yılında ise bu tezde de kullanılan yöntem olan Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yönteminin CBS ortamında

kullanılması, yaygın kullanım pratikleri ve başarılı örnekler üzerine bir makale yayınlamıştır [58]. Kullanılan metoda ilişkin araştırma ve kaynaklara [56-62] Bölüm 4'te de ayrıca değinilmiştir.

CBS ve çok ölçütlü analizlerinin yaygın kullanımı enerji tesislerinin yer seçiminde de uygulama alanı bulmuştur, hem ülkelerin enerji enstitüleri hem de akademik alanda bu araçlar kullanılarak yapılan çalışmalara rastlanabilir. Akash ve ark. tarafından 1999 yılında yapılan çalışmada farklı kaynaklara dayalı enerji santrallerinin mukayeseli olarak değerlendirilmesi ve bu tesisler için ekonomik, sosyal ve çevresel etkenler, verimlilik, güvenilirlik ve güvenlik başlıklarında analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak seçim yapılmıştır [67].

Benzer şekilde ABD'de bulunan Oak Ridge National Laboratory tarafından çeşitli enerji tesisleri için CBS ve çok ölçütlü karar analizleri kullanılarak yer seçimi çalışmalarında kullanılacak konuma dayalı verilerin çerçevesi belirlenmiş ve örnek uygulamalar yapılmıştır [36].

Fukushima Kazası'nın ardından tüm güvenlik yaklaşımlarının yeniden gözden geçirilmesi sonucu UAEA tarafından SSG-35 kodlu "Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations" kılavuz yayınlanmış ve nükleer santralin yer belirleme ve değerlendirmesine ilişkin tüm süreç detaylı şekilde tanımlanmıştır. Ayrıca her aşamada kullanılabilecek örnek kriterler, analiz metotları, veri tabanı örnekleri de bu dokümanda işlenmiştir. Bu tez de bu dokümanda belirlenen ölçütlere uyma kaygısı ile hazırlanmıştır [10].

SSG-35 kılavuzunun yayınlanmasını takiben Rizzo ve ark. tarafından nükleer santrallerin yer seçiminde kullanılacak kriterlerin puanlama ölçütleri ve ağırlıklarının belirlenmesine ilişkin bir tebliğ sunulmuştur [34].

Günümüzde özellikle nükleer programını yeni başlatan ülkelerde SSG-35 dokümanı çerçevesinde yer seçimine dair akademik alanda çalışmalar yapılmaktadır. Abudeif ve ark. tarafından Mısır'da kurulması düşünülen bir nükleer santral için yer seçimi çalışması yapılmış ve çalışmada analitik hiyerarşi yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada dışlama kriteri olarak diri faylar, nüfus, soğutma suyu mevcudiyeti, çevresel hassasiyet kriterleri kullanılmıştır. Alışma sonucunda Akdeniz kıyısı ve Nil Nehri deltasında dört adet saha değerlendirmeye alınmak üzere seçilmiştir [64].

Kassim ve ark. tarafından 2016 yılında yapılan çalışmada deprem etkisi, arazi topoğrafyası, arazi kullanımı, iletim hatlarına yakınlık, sosyal kabul ve emniyet kriterleri kullanılarak

Yemen’de kurulması düşünölen bir nükleer santral için yer seçimi çalışması yapılmıştır. Çok ölçütlü karar analizi, CBS kullanılmadan uzmanlar tarafından yapılan puanlama sonucu önceden belirlenmiş potansiyel sahalar arasından uygun olanın belirlenmesi şeklinde uygulanmıştır [73].

Türkiye’de ise özellikle Akkuyu ve Sinop illerinde kurulması planlanan santraller için uluslararası anlaşmaların yapılması sonrasında akademik alanda üretim artmıştır. Çalışmaların arasında büyük çoğunluğu sosyal kabul üzerine araştırmalar oluşturmaktadır. Nükleer santral kurulumu ile ilgili olarak Kaya 2005 yılında yayınlanan araştırmasında Türkiye’de nükleer santrallerin kurulumunu çevresel ve ekonomik açılardan tartışmıştır. Araştırma sonucunda Türkiye için nükleer santrallerin çevresel açılardan avantajlı, ekonomik açıdan ise diğer kaynaklara göre pahalı olduğu sonucuna varmıştır [72].

Serteller ise 2006’da yayınlanan araştırmasında nükleer enerjiyi Türkiye’de elektrik üretimi için kullanılan diğer kaynaklar ile karşılaştırmış ve enerji talebinin karşılanması ve nükleer enerjinin kullanımı sırasında doğabilecek riskleri değerlendirmiştir [74].

Ayrıca nükleer enerji alanında genel bilgiler ve Türkiye’de bu alanda kamu kurumlarının yaptığı çalışmalarla ilgili Zabunoğlu [12], Göktepe [17], Bayraktar [19], Kütükçüoğlu [20] ve Ceyhan’ın yayınları bulunmaktadır [28].

Bölüm 2’de de bahsedildiği üzere Türkiye’de daha önce yapılan yer seçimi çalışmaları kamu kurumları eliyle yapıldığından ve gizlilik ihtiva ettiğinden bu çalışmada değerlendirilememiştir. Mevzuata göre Türkiye’de yer seçimi herhangi bir kurumun görevi alanında değildir ancak özel sektör eliyle de herhangi bir seçim çalışması yapılmamıştır. Literatürde Erdoğan ve ark. tarafından 2016 yılında yapılan çalışma dışında sistemli bir yer seçimi çalışmasına rastlanmamaktadır. Adı geçen çalışmada CBS kullanılmadan önceden belirlenmiş sahalar arasından senaryo analizleri yapılarak en uygun olanın tespit edilmesine çalışılmıştır [83].

Bu tezde ise yer araştırmaları kapsamında çalışma bölgesinin belirlenmesi ve seçilen bölgede yer seçimi konuları işlenmiştir. Nükleer santrallerin kurulumu için aday sahaların belirlenmesi sürecince pek çok kriterin birlikte değerlendirilmesi, izlenmesi, yorumlanması ve bu kriterleri ifade eden verilerin yönetilmesi için CBS kullanımı denenmiştir. Dünya genelinde birçok tesis ve hizmet için yürütölen yer seçimi çalışmalarında CBS tabanlı çok kriterli karar analizleri uygulanmaktadır [11]. 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.

Bu kapsamda, tezin ilk bölümünde nükleer enerji ve nükleer santraller ile ilgili genel bilgiler, nükleer alanda düzenleyici kontrole ilişkin genel kavramlar ve UAEA yaklaşımları incelenerek yer seçimi çalışmaları için kavramsal çerçeve çizilmiştir.

İkinci bölümde nükleer santraller için yer belirleme çalışmaları için ulusal mevzuatın gerekleri ve UAEA metodolojisi incelemiş, çalışmalarda kullanılacak kriterler tanımlanmış ve bu kriterleri ifade etmek için kullanılacak veri setleri belirlenmiştir.

Üçüncü bölümde çalışmadan kullanılacak yöntem için kavramsal çerçeve çizilmiş CBS, çok kriterli karar analizi kuralları ve çalışmada kullanılan karar kuralı olan Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi tanıtılmıştır.

Dördüncü bölümde hem nükleer santral kurulumu için üst ölçekli kararlar açısından uygun olması, hem de sahip olduğu beşeri sermaye ve doğal kaynaklar açısından sanayinin gelişimi için uygun olması nedeniyle tez çalışması kapsamında yapılan yer araştırması sonucunda çalışma bölgesi olarak Batı Karadeniz belirlenmiştir. Ardından çalışma bölgesi nükleer santrallerin yer seçimi için tanımlanan kriterlere göre CBS’de konuma dayalı analizler ile değerlendirilmiştir.

Sonuç bölümünde ise konuma dayalı analizler sonucunda her bir kriter için oluşan ve nükleer santral kurulumu için uygunluğa göre düzenlenmiş tematik haritalar Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi ile birleştirilerek uygun yerlerin tespit edilmesi sağlanmıştır.

2. NÜKLEER ENERJİ HAKKINDA GENEL BİLGİLER VE MEVCUT DURUM

2.1. Nükleer Enerji ve Elektrik Üretiminde Kullanımı

Nükleer reaksiyon bir atom çekirdeğinin nötronlar, protonlar veya başka bir atom çekirdeği gibi fiziksel bir varlıkla çarpışarak değişmesiyle meydana gelir. Bu nükleer reaksiyonlardan ikisi olan fisyon ve füzyon büyük miktarlarda enerji açığa çıkardıkları için ilgi çekmektedir. Füzyon yolu ile elektrik üretimi henüz mümkün olmadığından nükleer enerji denildiğinde genellikle fisyon sonucu açığa çıkan enerji anlaşılır. Fisyon reaksiyonunda izotoplar nötron çarpışması ile bölünür ve bölünme sonucu ortaya çıkan reaksiyon ürünlerinin hareketi sırasında ortam ısınır ve nükleer enerji ısı enerjisi olarak ortaya çıkar [8].

Nükleer reaktörler, fisyon reaksiyonunun kontrollü biçimde sürmesi ve sonuçta açığa çıkan ısı ile türbinin döndürülmesi ile nükleer enerjinin sürekli ve düzenli olarak üretilmesini sağlamak üzere tasarlanmıştır. Fosil yakıtla elektrik üreten santrallerin aksine nükleer santraller; enerjisini yakıtın (gaz, petrol, kömür vs.) yanmasından değil, atomların parçalanmasından alır [12].

2.1.1. Reaktör Teknolojileri

Nötron 1932 Yılında Sir James Chadwick tarafından keşfedilmiş, 1939 yılında fisyon tepkimesi ile enerji açığa çıktığı fark edilmiştir. 1943 yılında kontrol edilebilen ilk reaksiyon gerçekleştirilmiş ve 2. Dünya Savaşı'nın sona ermesini takiben 1951 Yılında ABD'de ilk kez nükleer enerji kullanılarak elektrik üretilmiştir. Nükleer enerjiden elektrik üretilmeye başlamasıyla sırasıyla İngiltere, Rusya, Fransa ve Almanya'da nükleer santraller kurulmaya başlamış, 1970'lerin başındaki petrol krizinin nükleer enerji santrallerine talebi artırmasıyla nükleer santraller yaygınlaşmış, teknoloji çeşitlenmiştir [13].

Dünyada kullanılmakta olan nükleer reaktörler kullanım amacına göre, nötron hızlarına göre, yavaşlatıcısına göre, kullanılan yakıtı göre ve soğutucusuna göre sınıflandırılabilir. Kullanım amacına göre nükleer reaktörler; güç reaktörleri ve araştırma reaktörleri olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca izotop üretimi veya denizaltı gibi araçların ihtiyacı olan enerjiyi karşılamaya yönelik olarak da kullanılabilirler. Bu çalışmada esas olarak elektrik üretimi amacıyla kullanılan reaktörlere değinilecektir [14].

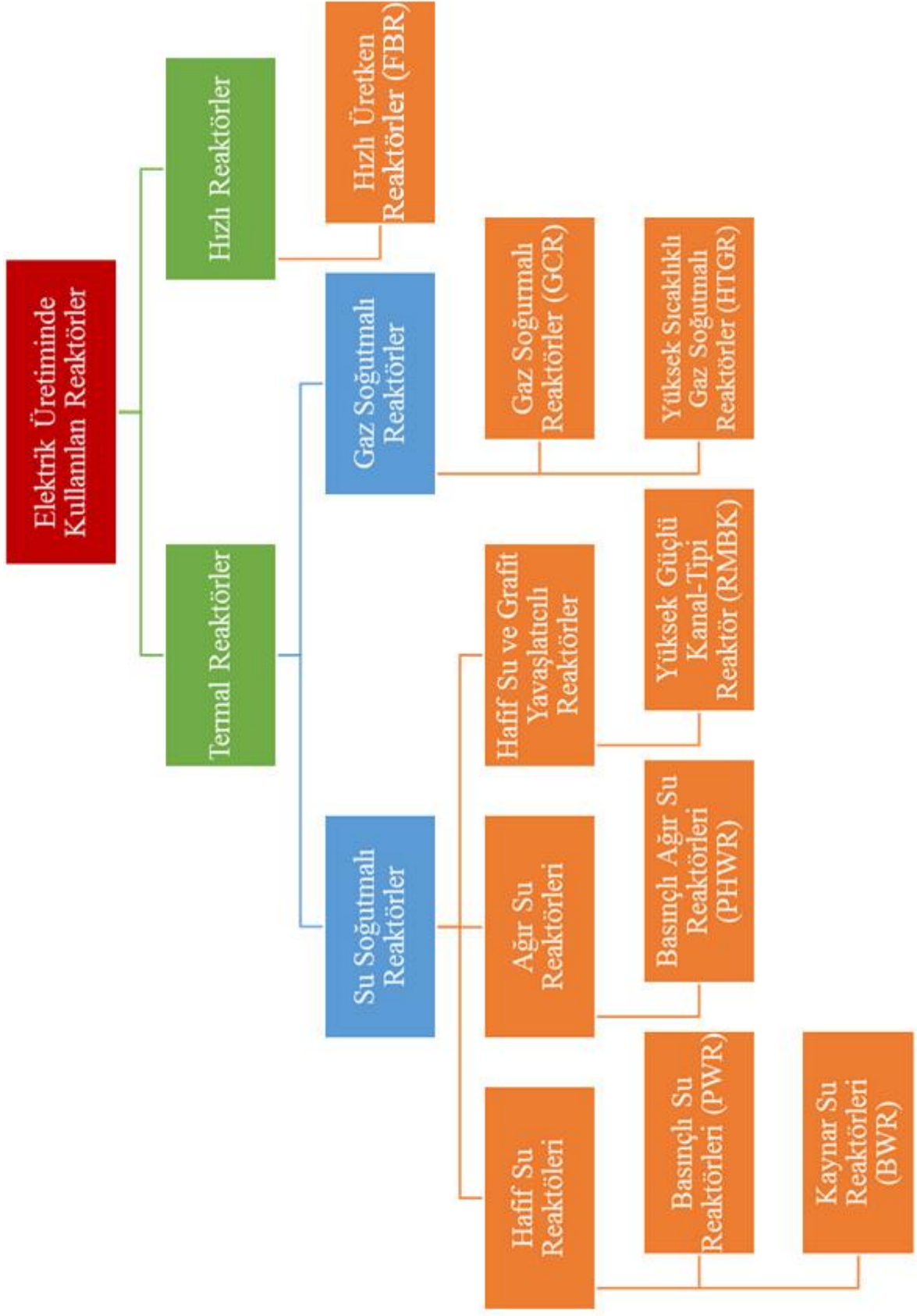
Nükleer reaktörlerde fisyon reaksiyonunun gerçekleştirilmesinde kullanılan nötronların hızlarına göre termal reaktörler ve hızlı reaktörler olarak ikiye ayrılır. Termal reaktörlerde hızlı reaktörlerden farklı olarak fisyon sonucu ortaya çıkan nötronları yavaşlatacak bir

yavaşlatıcı (moderatör) bulunur. Hızlı reaktörlerde ise yavaşlatıcı bulunmamakla beraber plütonyum kullanılarak enerji üretilebilir [15].

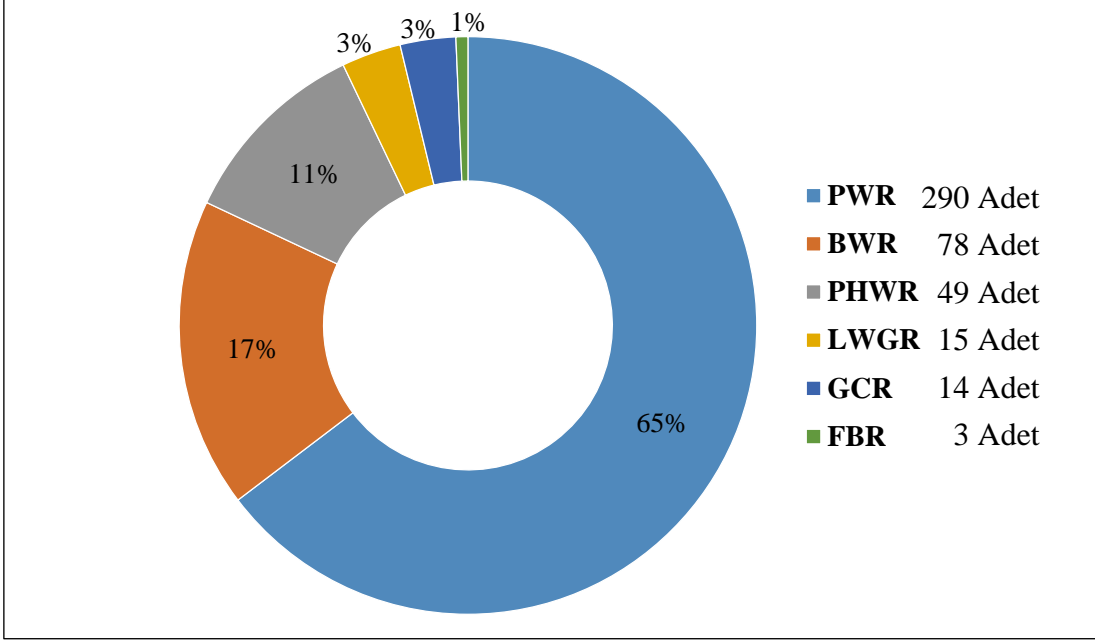
Yavaşlatıcılarına (moderatör) göre nükleer reaktörler sınıflandırıldığında ise su kullanılan, ağır su kullanılan ve grafit kullanılan reaktörler olarak üç ana gruba ayrılır. Kullanılan yakıtta göre nükleer reaktörler sınıflandırıldığında doğal uranyum kullanan reaktörler ve zenginleştirilmiş uranyum kullanan reaktörler olarak iki gruba ayrılır. Son olarak özellikle elektrik üretimi amacıyla kullanılan nükleer reaktörler soğutucu tipine göre sınıflandırılabilir. Bunlar su soğutmalı ve gaz soğutmalı reaktörlerdir. Su soğutmalı reaktörler kendi içinde hafif su reaktörleri ve ağırsu reaktörleri olmak üzere ikiye ayrılır. Ayrıca elektrik üretimi amacıyla kullanılmayan sıvı metal veya çözünmüş tuz gibi farklı soğutucular kullanılan reaktörler de bulunmaktadır [14].

Hâlihazırda elektrik üretiminde kullanılan nükleer reaktörler Şekil 1’de gösterildiği şekilde sınıflandırılabilir.

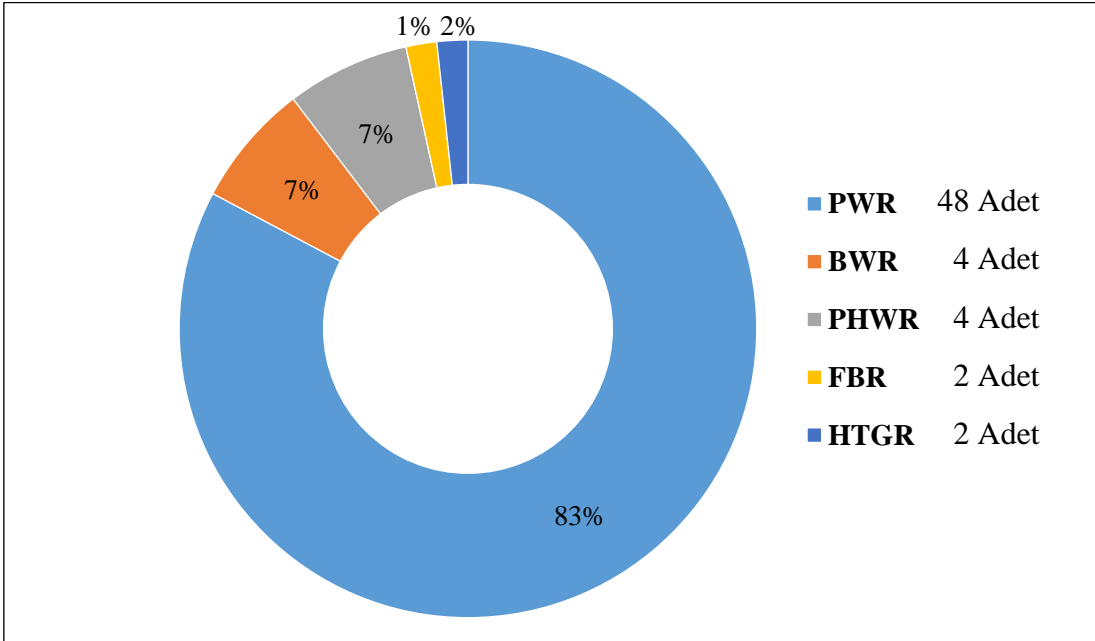
İşletme halinde bulunan 449 reaktörün 290 tanesi basınçlı su reaktörüdür (PWR) bu rakam dünyada işletme halindeki elektrik üretiminde kullanılan reaktörlerin yaklaşık %65’ine tekabül etmektedir. İnşa halindeki 60 reaktörün 48 tanesi basınçlı su reaktörüdür ve bu rakam dünyada inşa halindeki elektrik üretiminde kullanılan reaktörlerin yaklaşık %83’üne tekabül etmektedir. Hâlihazırda elektrik üretiminde kullanılan nükleer reaktörlerin Şekil 1’de tanımlanan reaktör sınıflandırmalarına göre dağılımları Şekil 2 ve Şekil 3’te verilmiştir [16].



Şekil 1. Elektrik üretiminde kullanılan nükleer reaktörlerin sınıflandırılması



Şekil 2. İşletme halindeki reaktörlerin tiplere göre dağılımı



Şekil 3. İnşa halindeki reaktörlerin tiplere göre dağılımı

Türkiye gibi nükleer programını yeni başlatan ülkeler için teknoloji seçimi büyük önem taşımaktadır. Nükleer enerji yatırımlarında teknoloji seçimi beraberinde bir tedarikçi ülke seçimi de getirmektedir. Seçilen teknolojiye göre teknolojiye sahip ülke ile işbirliği içine girilmesi kaçınılmazdır.

Teknoloji seçiminde; değerlendirilen reaktörlerin lisanslanabilir olması, yakıt tedariki, gerekli insan kaynağının yetiştirilmesi, projede yapılacak iş ve imalatlar için yerli tedarik zincirinin kurulması, sosyal kabul ve farkındalık çalışmaları yürütülmesi ve atık yönetimi, lojistik, iletim ve çevre gibi altyapı çalışmalarının göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu gereksinim teknolojiye sahip tedarikçi ülkeler ile işbirliği yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Ayrıca kurulması planlanan reaktörün tipine göre yer seçimi parametreleri de etkilenmektedir.

2.1.2. Dünyada Nükleer Santraller

1970'lerdeki petrol krizi sırasında dünyada nükleer santrallere talep artmış olsa da ABD'deki Three Mile Island (1979) ve Rusya'daki Chernobyl (1986) kazaları, dünya çapında ekonomik büyümedeki yavaşlama ve fosil yakıtların fiyatlarındaki düşüş 1980'lerin başından itibaren nükleer enerji endüstrisinde yavaşlamaya sebep olmuştur [13].

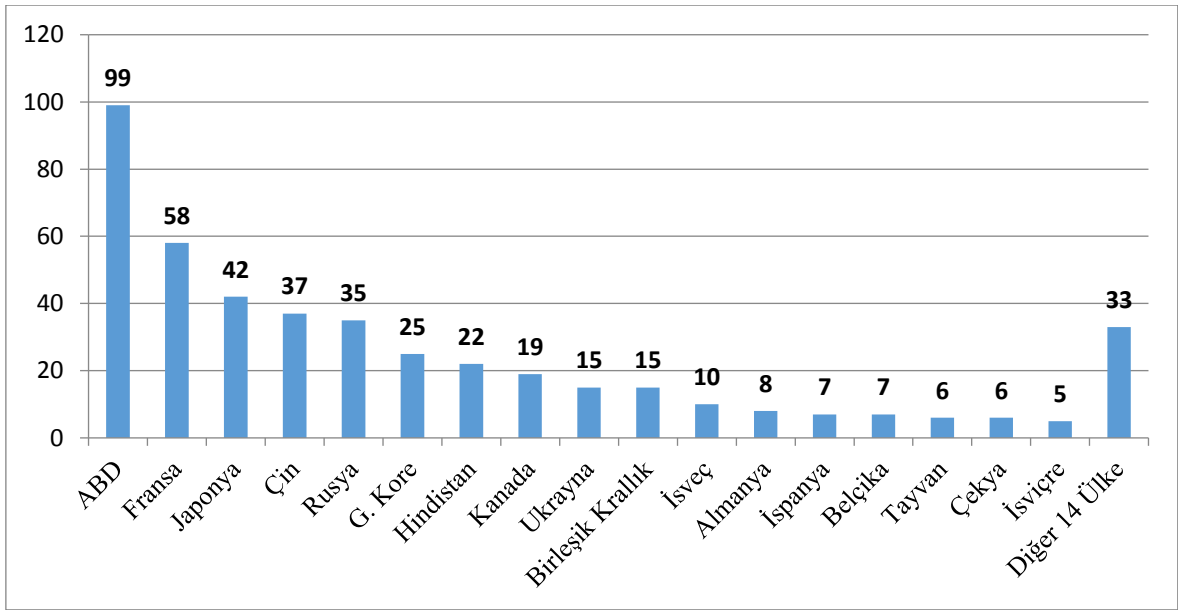
2000'li yılların başından itibaren özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki elektrik talep artışı ve talep tahminlerinin yüksekliği, enerji arz güvenliğinin sağlanması ihtiyacı ve iklim değişikliği, küresel ısınma gibi çevresel nedenlerle karbon emisyonlarının düşürülmesine duyulan ihtiyaç sayesinde yeni nesil nükleer teknolojilere ilgi artmıştır. Bu ilginin ilk göstergesi 2004 yılında Finlandiya'nın 1600 MWe gücündeki basınçlı su reaktörü siparişi vermesi olmuştur. Bunu takiben Fransa'da yine yüksek kapasiteli bir reaktör projesi başlamış, Birleşik Krallık'ta ise yüksek kapasiteli bir reaktör projesi üzerine ön çalışmalar yapılmıştır. Atılan ilk somut adımlardan bir diğeri ise ABD'de 2005 yılında çıkan Enerji Politikası Yasası uyarınca 4 adet basınçlı su reaktörünün inşasına başlanmasıdır [13].

Bu gelişmeleri takiben nükleer enerjinin elektrik üretiminde kullanılması için proje ve yatırımların artması beklenirken Fukushima Nükleer Santralinde 2011 yılında meydana gelen kaza sonucunda tüm dünyada nükleer teknolojinin güvenliği ve geleceği ile ilgili ciddi endişeler baş göstermiştir. Fukushima kazasının yarattığı sorunların ciddiyeti ve uzun süreli zararlar oluşmasının nükleer enerjinin geleceğinde bir belirsizlik dönemine girilmesine yol açtığı değerlendirilmektedir [17].

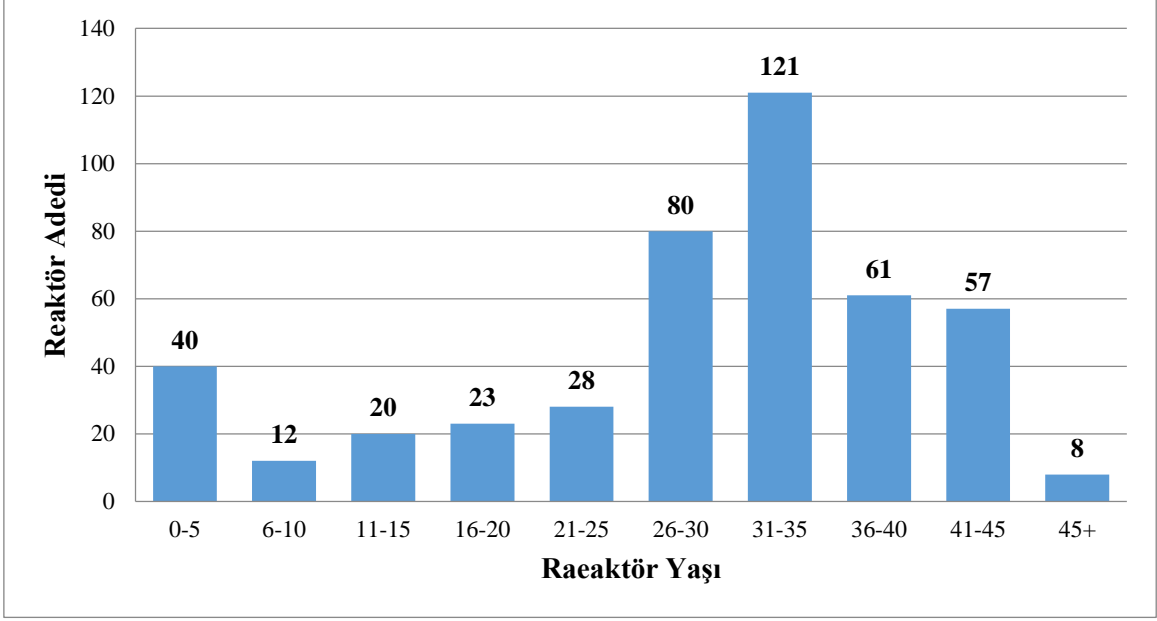
Fukushima sonrası yeni nükleer santral yatırımlarının ertelenmesi veya iptali gündeme gelse de çoğu ülkede mevcut santrallerin güvenliğinin artırılması, nükleer enerji endüstrisinin Fukushima'dan alınan dersleri hızla değerlendirmesi, yasal mevzuatların gözden geçirilmesi ve nükleer güvenliği destekleyici faaliyetler yürüten uluslararası kuruluş ve organizasyonların faaliyetleri sonucunda nükleer enerjinin elektrik üretiminde kullanılmasına devam edilmiştir. Nükleer programını yeni başlatan ülkelerde de Fukushima

kazasına rağmen nükleer enerji önemli bir seçenek olmaya devam etmiştir. Örneğin Belarus ve Birleşik Arap Emirlikleri Fukushima Kazasına rağmen programlarına devam etmiş ve her iki ülkede de nükleer reaktörlerin inşasına başlanmıştır. Devletlerin karar mekanizmalarını etkileyen en önemli faktörlerin Avrupa ve ABD’de çevresel ve sosyo-ekonomik kökenli, Asya ülkelerinde ve gelişmekte olan ülkelere ise arz güvenliği kaynaklı olduğu görülmektedir [18].

Hâlihazırda dünyada elektrik üretimi amacı ile kullanılan işletme halinde toplam 449 reaktör bulunmaktadır. Buna ek olarak 60 reaktör inşa halindedir. İşletme halindeki reaktörlerin ülkelere göre dağılımı ve reaktör yaşlarına göre dağılımı Şekil 4 ve Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 4. İşletme halindeki reaktörlerin ülkelere göre dağılımı



Şekil 5. İşletme halindeki reaktörlerin reaktör yaşlarına göre dağılımı

Şekillerde de belirtilen güncel verilere göre işletme halindeki reaktörlerin yaş ortalaması 28,9, en fazla nükleer reaktör bulunan ülke ABD, en fazla inşa halinde nükleer reaktör bulunan ülke Çin'dir [16].

Nükleer enerjinin elektrik üretimindeki payının en fazla ülke olduğu ülke %76 ile Fransa'dır. Fransa'yı %56,5 ile Ukrayna, %56 ile Slovakya, %52 ile Macaristan takip etmektedir. Bu pay kendi teknolojisine sahip ülkelerden Güney Kore'de %31, ABD'de %20, Rusya'da %19, Kanada'da %16, Çin'de ise %3'tür [16].

2.1.3. Türkiye'de Nükleer Santral Projeleri

Türkiye 1955 yılında ABD ile "Barış İçin Atom Projesi" çerçevesinde anlaşma imzalayarak bu alanda ABD ile bu anlaşmaya imza koyan ilk ülke olmuştur. Yasal çerçeve, 27 Ağustos 1956 tarihinde 6821 Sayılı Atom Enerjisi Komisyonu (AEK) Yasası'nın yürürlüğe girmesiyle oluşturulmuş ve 1957 yılında Birleşmiş Milletler bünyesinde oluşturulan UAEA'ya üye olunmuştur. Türkiye bu ajansın kurucu üyelerindendir [19]. Ayrıca 1981'de UAEA ile imzalanan işbirliği anlaşması ile de mevcut ve kurulacak bütün nükleer tesislerde ajansın denetimi kabul edilmiştir.

1961 yılında Çekmece Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ÇNAEM) bünyesinde eğitim ve temel araştırmalar için 1 MW gücünde TR - 1 reaktörü işletmeye alınmış ve AEK'ya bağlı olarak Ankara Nükleer Araştırma Merkezi kurulmuştur. Elektrik üretimi amacıyla bir nükleer santral kurulmasına ilişkin ilk girişim ve çalışmalar 1967 - 1970 yılları arasında yapılarak 1977 yılında işletmeye girecek 300 - 400 MW gücünde bir nükleer santralin

kurulması planlanmıştır. Ancak 1970 - 1971 yıllarındaki ekonomik ve politik koşullar nedeniyle bu plan hayata geçirilememiştir [20].

1974 - 1975 arası dönemde nükleer santral kurulacak alanların belirlenmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmalarda Batı Karadeniz ve Trakya bölgelerinde araştırılan yerler askeri tesisler ve kalabalık yerleşimlerin bulunması nedeniyle elenmiştir. Benzer şekilde Marmara Denizi'nin güney sahilinde araştırılan yerler de deprem etkisinin yüksekliği nedeniyle elenmiştir. Sonuç olarak deprem açısından daha elverişli olan Orta Karadeniz ve Akdeniz kıyılarında yeni yerler araştırılmış, özellikle nüfus yoğunluğu ve deprem etkisi yönünden en uygun yer olarak Akkuyu sahası seçilmiştir. Akkuyu sahasıyla ilgili çeşitli devlet kuruluşları ve üniversitelerin işbirliği etütler yapılmış ve 1976 yılında Akkuyu sahası için yer raporu hazırlanarak AEK'dan yer lisansı alınmıştır [20].

Yer lisansı alındıktan sonra 1977 yılında ikinci defa nükleer santral kurmak için yapılan ihale sonucunda Asea Atom – Stal Laval – Spie Batignolles grubu ile Türkiye Elektrik Kurumu (TEK) arasında müzakereler başlamıştır. Uzun süren sözleşme görüşmeleri karara bağlanamamış ve 12 Eylül 1980 askeri darbesinin ardından ihale sonuçlandırılmamış ve çalışmalar sonuçsuz kalmıştır. 12 Eylül askeri darbesinden sonra üçüncü girişim TEK bünyesinde yürütülmüştür. Önceliği alan CANDU (Kanada) ve KWU (Almanya) firmalarıyla paralel olarak sözleşme görüşmeleri yürütülmüştür. Karar aşamasında hükümet nükleer santrallerin “Yap-İşlet-Devret” modeline göre yapılmasını ve 15 yıllık işletme süresinin sonunda tesisin TEK'e devredilmesini talep etmiştir. Her iki şirketin de proje finansmanını oluşturacak krediler için devlet garantisi verilmesinde ısrar etmesi üzerine 1985 yılı sonlarında görüşmeler kesilmiştir [20]. Görüşmelerin kesilmesini takiben Chernobyl kazasının gerçekleşmesi ihalenin iptal edilmesine ve çalışmaların sonuçsuz kalmasına yol açmıştır.

Dördüncü kez nükleer santral kurma girişimi çerçevesinde yine Akkuyu sahası için 1996 yılında ihale açılmıştır. Yapılan başvurular TEK'in iki ayrı kuruluşa dönüşmesi ile ortaya çıkan Türkiye Elektrik Üretim ve İletim A.Ş. (TEAŞ) tarafından değerlendirilmiştir. Değerlendirme sürecinde ihalenin sonucunun açıklanması altı kez ertelenmiş ve 2000 yılındaysa ihale Bakanlar Kurulu toplantısında nükleer santral yapımı için elverişli koşullar oluşuncaya kadar Türkiye'nin Nükleer Programının ertelenmesine karar verildiğinin açıklanması üzerine Bakanlar Kurulu Kararı ile iptal edilmiştir [19].

Diğer yandan 2006 yılında TBMM KİT komisyonunda TAEK tarafından 43 kritere bakılarak nükleer santral kurulumu için 8 adet yerin incelendiği ve sonuçta Sinop'ta nükleer teknoloji merkezi ve hemen yakınında nükleer reaktörlerin kurulmasına karar veriliği belirtilmiştir [21].

Açıklamada TAEK'in yer belirlerken, iletimin kolaylığı, sanayi bölgelerine ve sulak alanlara yakınlık açısından Trakya, Karadeniz, Orta Anadolu olarak üç bölge üzerinde durduğu belirtilmiştir. Yine TAEK tarafından Nükleer santral kurulması planlanan her bir potansiyel sahanın, ekonomik, mühendislik, çevre ve sosyolojik olmak üzere 4 ana kategori içinde 43 ayrı kritere göre değerlendirildiği ve Sinop sahasının nükleer santral kurulmasına elverişli olup olmadığına dair ayrıntılı değerlendirmenin nükleer santral kurucusunun yer raporu ile başvurusundan sonra yapılacağı açıklanmıştır [22].

"Nükleer Güç Santrallerinin Kurulması ve İşletilmesi ile Enerji Satışına İlişkin Kanun Tasarısı"nın 8 Mayıs 2007 tarihinde mecliste kabul edilerek yasalaşmasını takiben nükleer santral kurulmasına yönelik çalışmalar beşinci kez başlamıştır. 2008 yılında yapılan yarışma sonucu Rusya menşeli VVER tasarımının yarışma kriterlerini sağladığı belirtilmiş ancak 2009 yılında Danıştay'ın verdiği yürütmeyi durdurma kararıyla nükleer santral kurmak üzere yapılan bu girişim de sonuçsuz kalmıştır.

Sonuçsuz girişimlerin ardından 2010 yılında Türkiye ile Rusya hükümetleri arasında "Akkuyu Sahasında Nükleer Güç Santralinin Tesisine ve İşletimine Dair İşbirliği Anlaşması" imzalanmıştır. Anlaşmaya istinaden Mersin Akkuyu Sahası'nda 4800 MW toplam kurulu güce sahip dört adet basınçlı su reaktörü kurulması planlanmaktadır.

Bu anlaşmanın ardından kurulması planlanan ikinci nükleer santrale ilişkin 2013 yılında Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile Japonya Hükümeti arasında Sinop'ta NGS tesisine ve işletimine dair anlaşma imzalanmıştır. Anlaşmaya istinaden Sinop ilinde 4400 MW toplam kurulu güce sahip dört adet basınçlı su reaktörü kurulması planlanmaktadır.

Uluslararası anlaşmalar uyarınca Türkiye'de nükleer santral kurulması planlanan sahalara Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Türkiye'de nükleer santral kurulması planlanan sahalar

Yıllarca süren sonuçsuz girişimlerin uluslararası anlaşmalar ile uygulamasına geçilen her iki santral projesinin de 2020'li yıllarda tamamlanması hedeflenmektedir. Her iki santralin de işletme ömrünün 60 yıl olacağı öngörülmektedir.

2.2. Nükleer Düzenleyici Denetim

Nükleer santraller, işletme sırasında ortaya çıkabilecek iyonlaştırıcı radyasyondan kaynaklanan risk nedeniyle düzenleyici kontrol altında tutulmaktadır. Düzenleyici kontrol gereği tüm dünyada nükleer santraller dahil tüm nükleer tesislerin yer seçiminden sökümüne kadar olan tüm aşamaları nükleer lisanslamaya ve denetime tabiidir. Bu alanda hem ulusal düzenleyici kurumların hem de uluslararası organizasyonların mevzuatları ve dokümantasyonu dikkate alınmaktadır. Bu çerçevede nükleer santral projelerinde birincil önceliği nükleer emniyet ve nükleer güvenlik konuları almaktadır. Reaktörlerin maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda maliyet kalemlerinin yaklaşık dörtte üçünü reaktörlerin inşaat ve güvenlik masraflarının oluşturduğu görülmektedir [23].

2.2.1. Nükleer Güvenlik ve Nükleer Emniyet

Nükleer güvenlik, TAEK tarafından nükleer tesislere ilişkin tüm faaliyetler sırasında, birey, toplum ve çevrenin radyasyonun olası zararlı etkilerinden korunması olarak tanımlanmaktadır [24]. Nükleer güvenliğin sağlanabilmesi için santralin güvenli biçimde işletilmesi, kazaların önlenmesi ve herhangi bir kaza durumunda sonuçlarının hafifletilmesi için tedbirler alınır.

İnsan ve ekipman hatalarının ortadan kaldırılması, fisyon ürünlerinin dışarıya çıkmasını engelleyen fiziksel bariyerlerin etkinliğinin sağlanması ve olası kaza durumunda halkın ve

çevrenin zarar görmesinin engellenmesi için nükleer güvenlik önlemleri “Derinliğine Savunma Stratejisi” çerçevesinde ele alınır. Buna göre:

“Derinliğine Savunma Stratejisi 5 ayrı seviyede uygulanır.

1. Normal işletme koşullarından sapmaların oluşmasının ve bu sapmalara neden olabilecek arızaların önlenmesi;
2. Normal işletme koşullarından sapmalar oluştuğunda bunların kontrol altında tutulması, arızaların tespiti ve arızaların kazaya yol açmasının önlenmesi;
3. Kazaların tasarım esasları içinde kontrol altında tutularak ciddi kazaya dönüşmesinin önlenmesi;
4. Ciddi kaza gerçekleşirse kazanın daha fazla büyümesinin önlenmesi ve sonuçlarını hafifletecek şekilde kaza koşullarının kontrol altında tutulması;
5. Tesisten önemli miktarda radyoaktif madde salımı durumunda, radyolojik sonuçların hafifletilmesidir” [24-25].

Nükleer santraller için yer seçiminde de nükleer güvenliğin etkisi büyüktür. Yer seçiminde hidrolojik, jeolojik, meteorolojik, sismik ve demografik kriterler yer seçiminin nükleer güvenlikle ilgili kriterlerinin ana bileşenlerini oluşturur. Amaç, öngörülebilir en güçlü doğal (deprem gibi) veya insan kaynaklı olaylara dayanabilecek güvenlikle ilgili yapı ve sistemleri sağlamak ve herhangi bir radyoaktivite salımı durumunda insan ve çevre üzerindeki radyolojik etkileri en düşük seviyeye indirmektir. Bu nedenle santralin kurulacağı yere, meydana gelebilecek doğal ve insan kaynaklı dış olaylar, santralden salınabilecek radyoaktif maddelerin bireylere veya çevreye taşınımını etkileyebilecek özellikleri ve acil durum önlemlerinin uygulanabilirliğini etkileyebilecek unsurlar ile diğer yer özellikleri dikkate alınarak karar verilir.

Nükleer Emniyet ise TAEK tarafından nükleer maddelerin barışçıl olmayan kullanımının önlenmesi ve nükleer tesislerin her türlü hırsızlık veya sabotaja karşı korunmasına yönelik alınan tedbirlerin tümü olarak tanımlanmıştır. Buna göre nükleer emniyet iki ana unsurdan oluşmaktadır [26-27].

- a. Nükleer madde ve tesislerin fiziksel korunması, işletme halindeki nükleer tesislere veya nükleer maddelerin kullanımı, depolanması, taşınması aşamalarında gerçekleşecek her türlü kötü niyetli harekete karşı alınan tedbirler ve faaliyetleri ifade eder.

- b. Nükleer madde sayım kontrolü, nükleer maddelerin yetkisiz kullanımının önüne geçilmesi veya edinim amacı dışında nükleer silah veya patlayıcı aygıtlara dönüştürülmemesi için envanterlerinin tutulması ve buna yönelik kontrolü ifade eder.

Yeni yapılacak nükleer tesisler için yer seçimi ve tasarım aşamalarında fiziksel koruma önlemleri olabildiğince erken göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca fiziksel koruma, emniyet ve nükleer madde sayım kontrolü arasındaki ara yüz her üç unsurun birbirini desteklediği göz önünde bulundurularak tarif edilmelidir [26-27].

2.2.2. Nükleer Lisanslama ve Düzenleyici Kurum

Hem ulusal hem de uluslararası mevzuat ve düzenlemelere göre nükleer santrallerde nükleer güvenliğin tam olarak sağlanmasında birinci derecede santralin kurucusu sorumludur. Kurucunun nükleer güvenlikle ilgili sorumluluklarını yerine getirdiğini garanti altına almak adına nükleer düzenleyici kurumların lisanslama ve denetimi altında faaliyet yürütürler. Düzenleyici kurumların görevleri [28]:

- a. Nükleer güvenliğin sağlanması için uyulması gereken mevzuatı geliştirmek,
- b. Mevzuat hükümlerine uygun olarak nükleer santrallerin lisanslamasını yapmak,
- c. Lisanslama sırasında kurucu tarafından sunulan belgeleri gözden geçirmek ve değerlendirmek,
- d. Lisans verdiği tesis ve faaliyetin mevzuat hükümlerine ve lisans koşullarına uygun yürütüldüğünü teyit etmek amacıyla denetimler yapmak,
- e. Yapılan denetimler sonucunda uygunsuzluk tespit etmesi durumunda yaptırımlar uygulamaktır.

Ayrıca nükleer düzenleyici kurumlar nükleer santral kurulacak yerlerin doğru seçildiğinden, saha özelliklerinin doğru tespit edildiğinden ve santral tasarımının seçilmiş olan sahanın özelliklerine uygun olarak yapıldığından emin olmak için bu faaliyetleri yürütürler.

Düzenleyici kurumların, yasal çerçevenin ve düzenleyici faaliyetlerin kalitesi şeffaflık ve bağımsızlık ile doğrudan ilgilidir. Nükleer tesislerin işletilmesi sırasında düzenleyici kurum tarafından talep edilen güvenlik önlemleri tesislerin işletme maliyetlerini yükseltebilir hatta tesislerin güvenlik gerekçesiyle kapatılması elektrik kesintilerine neden olabilir. Santral işletmecileri ile santralin kurulu bulunduğu ülkenin öncelikleri ile güvenliğe yönelik ilkeler zaman zaman çelişebilir. Gerektiğinde düzenleyici kurumlar, santral işletmecilerinden veya elektrik arz güvenliğinden sorumlu kurumlardan bağımsız karar alabilme yetkisine sahip olmalıdır. Bu sebeple, nükleer güvenliğin sağlanabilmesi adına düzenleyici kurumların

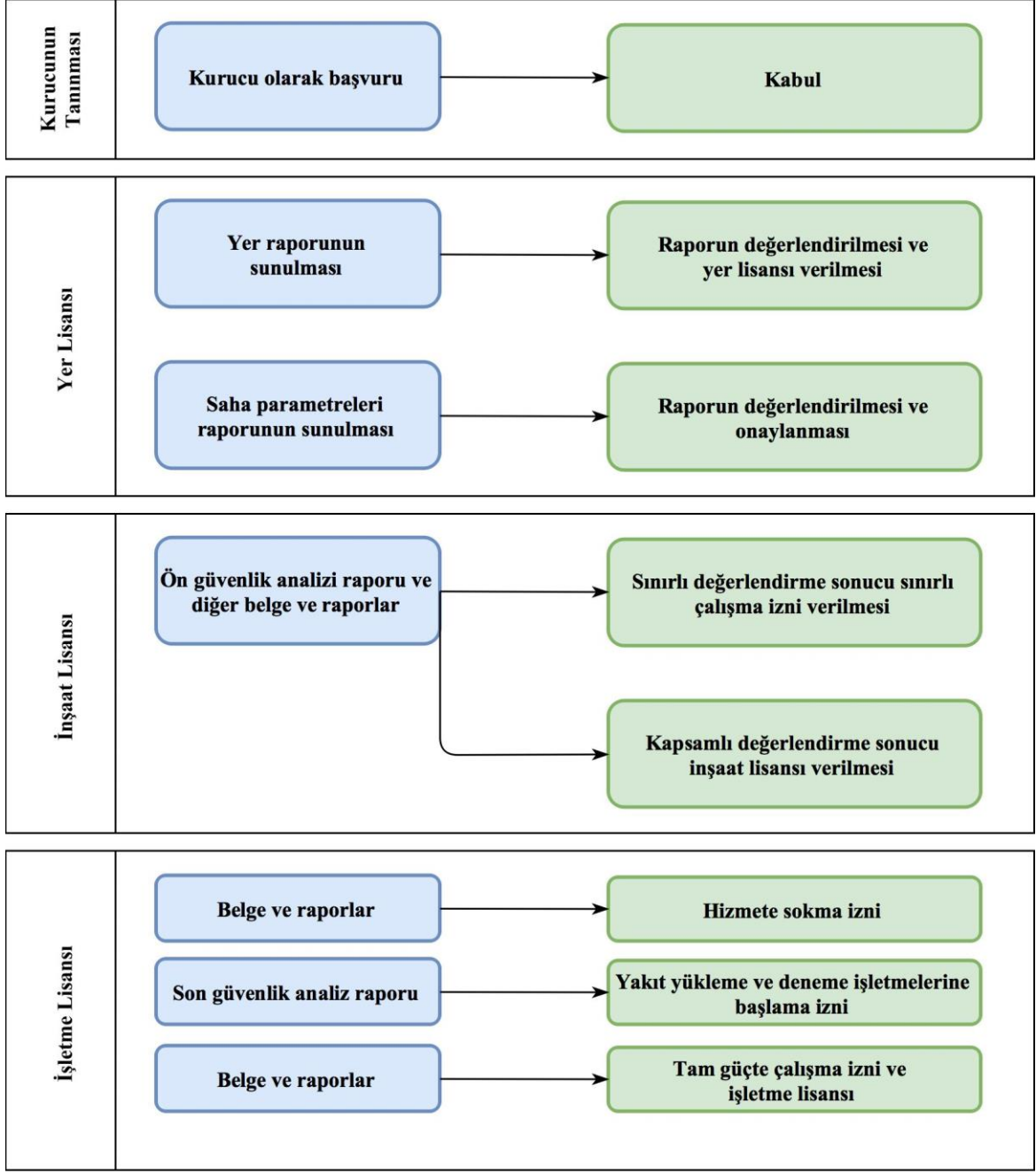
gerekli yetkilere sahip olması, faaliyetlerini şeffaf biçimde yürütmesi ve bağımsız olması önemlidir [29].

2.2.3. Türkiye’de Lisanslama Süreci

Türkiye’de nükleer alanda düzenleme yetkisi 1982 yılında çıkarılan 2690 sayılı kanun ile TAEK’e 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 Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük uyarınca nükleer tesisler (nükleer reaktör tesisleri ve nükleer yakıt çevrimi tesisleri) TAEK tarafından lisanslamaya tabi tutulur.

Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük’te tanımlanan lisanslama sürecinin ana aşamaları, bu aşamalar kurucunun TAEK’e sunacağı ana belge ve raporlar ile bu aşamalar sonucunda verilecek izin ve lisanslar Şekil 7’de gösterilmektedir. Nükleer santrallerin lisanslama süreci aşamalar şeklinde tanımlanmıştır. Bir aşama tamamlanmadan diğer aşamaya geçmek mümkün değildir [30].

TAEK tarafından “Nükleer Güç Santrallerinin Lisanslanmasına Esas Mevzuat, Kılavuz ve Standartlar ile Referans Santralin Belirlenmesine İlişkin Yönerge”de lisanslama sürecinde gözetilecek ilkeler iki konu başlığında toparlanmıştır. Bunlar; lisanslamada esas alınacak mevzuat, kılavuz ve standartlar ile referans santraldir.



Şekil 7. Nükleer tesis lisanslama süreci

Bu çerçevede kurucu başvurusunun ardından santralin kuruluma yönelik lisanslama sürecinde ilk adım santralin kurulacağı yerin lisanslanmasıdır. Bu aşamada kurucu, yer belirleme çalışmaları sonucu santral kurulumu için seçilen yere ilişkin inceleme ve analizlerin yer aldığı Yer raporu ile TAEK'e başvuru yapar.

“Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük”e göre:

“Yer raporunda aşağıdaki bilgiler bulunmalıdır:

1. Kurulacak nükleer reaktör tesisinin kullanılma amacı, yaklaşık olarak gücü, hangi reaktör tipleri arasından seçileceğine ilişkin bilgiler,
2. Kurucunun ve kurucu adına yer araştırmalarını yürüten kuruluşların, teknik potansiyelini, bilgisini ve deneyimini belirten bilgiler,
3. Seçilen yerin coğrafi durumunu açık olarak gösteren bölge haritası, reaktör yakın çevresinin özelliklerini ortaya koyan ayrıntılı haritalar,
4. Seçilen yerin topografik, jeolojik, jeoteknik, hidrolojik, sismolojik ve meteorolojik özelliklerine ilişkin bilgi ve incelemeler,
5. Düşünülen reaktör tiplerine göre önerilen yer için yerleşim planları seçenekleri
6. Seçilen yerin deprem, sel baskını, fırtına gibi doğal olaylar ve bu olayların ikincil etkileri yönünden değerlendirilmesine ilişkin bilgiler,
7. Seçilen yerin uçak düşmesi, yangın, patlama baraj çökmesi gibi olaylar sonucu meydana gelebilecek dış tehlikelere karşı değerlendirilmesine ilişkin bilgiler,
8. Seçilen yerde soğutma suyu amacıyla kullanılacak su kaynaklarının yeterliliğine ilişkin bilgiler,
9. Yöre halkının, olağan ve olağanüstü işletme koşullarıyla kaza hallerinde çevreye salınan sıvı ve gaz radyoaktif artıklardan radyolojik yönden etkilenmelerine ilişkin ön incelemeler
10. Seçilen yerin ulusal elektrik sistemine bağlantı şekli ve dış besleme sisteminin güvenilirliğiyle ilgili bilgiler,
11. Ayrıntılı yer incelemelerinin kalite temini programı,
12. Nükleer güvenlik konusundaki gelişme ve uygulamaların ışığı altında gerekli görülen diğer ek bilgiler.”

Yer Raporu biçim ve içeriği TAEK tarafından 2009 yılında çıkarılan “Nükleer Güç Santralleri İçin Yer Raporu Biçim ve İçeriği Kılavuzu”na uygun olacak şekilde hazırlanır. Bu güvenlik kılavuzu kapsamında raporda bulunması gereken bölümler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Yer raporu bölümleri

Giriş	Yerin kısa tanıtımı ve genel tasarım parametreleri
Coğrafya ve Nüfus	Saha konumu, nüfus dağılımı, arazi kullanımı, acil durum planlaması
Saha Çevresindeki Önemli Tesis ve Faaliyetler	Tesisler, boru hatları, faaliyetler, suyolları, hava yolları, endüstriyel gelişim öngörüsü
Meteoroloji	Bölgesel iklim, yerel meteoroloji, atmosferik dağılım, meteorolojik olaylar, sınırlayıcı uç değerler
Hidroloji	Hidrosfer yapısı, radyoaktif maddelerin dağılımı, su kaynaklarının yeterliliği, taşkınlar
Jeoloji ve Jeofizik	Bölgesel araştırmalar, saha çevresi araştırmaları, sismolojik bilgiler, tasarım yer hareketi, yüzey faylanması, sıvılaşma potansiyeli, şev duyarlılığı
Ekolojinin Etkileri	Santralin güvenliği üzerindeki öngörülebilir olası etkileri
İnsan Kaynaklı Dış Olaylar	Civardaki tesis veya faaliyetler ile ilişkili olarak meydana gelebilecek olaylar
Doğal Dış Olaylar	Deprem, meteorolojik ve jeoteknik olaylar, taşkın
Santralin Radyolojik Etkileri	Düşünülebilen en büyük kaza durumu, işletme koşulları
Acil Durum Planlama	Doz kriterleri ve önlemlerin uygulanabilirliği
Tasarıma Esas Parametreler	Tasarıma esas tüm parametreler ve sınır değerleri

Yer raporunun incelenmesi sonucunda TAEK tarafından mühendislik önlemleri ile aşılamayacak olumsuz bir etken olmadığı değerlendirildiği takdirde yer lisansı verilir. Kurucu, yerle ilgili projelendirme parametrelerinin kesin tayinini yapmak ve bir sonraki aşamadan önce TAEK'in onayına sunmakla sorumludur. Bu aşamada nükleer reaktör tesisi yerinde yapılan ayrıntılı araştırmaların sonuçlarını ve yerle ilgili projelendirme parametrelerinin kesin değerlerini saptamak için saha parametreleri raporu (SPR) hazırlanır ve TAEK'in değerlendirmesine sunulur.

SPR onayını takiben kurucu nükleer tesisin güvenli bir tasarıma sahip olduğunu göstermek adına bir ön güvenlik analiz raporu (ÖGAR) hazırlar. Bu rapor esas olarak tesisin kurulacağı saha ile tesisin etkileşimi üzerine bina edilir. Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük'e göre:

“Ön güvenlik analizi raporunda aşağıdaki bilgilerin bulunması gerekir:

1. Çevre ve yerle ilgili olarak yer raporunun verilmesinden sonra elde edilen yeni bilgiler,
2. Projelendirme, inşaat, kalite temini, tesisin hizmete sokulması, işletilmesi ve hizmetten çıkarılması için uygulanması önerilen güvenlik ilkeleri, kriterleri ve standartları,
3. Tesisin genel karakteristikleriyle yapıların, sistemlerin, bileşenlerin yerleşim planları ve projelendirme esasları,
4. Yapıların, sistemlerin ve bileşenlerin sismik, güvenlik ve kalite sınıflandırmalarını gösteren listeler,
5. Tesisin ana ve güvenlik sistemlerinin projelendirilmeleriyle ilgili bilgiler,
6. Radyasyondan korunma, radyoaktif atık yönetimi, işletme sırasında denetim, bakım ve hizmetten çıkarma konularında alınacak önlemler,
7. Tesisin olağan ve olağanüstü işletme olayları ve kaza koşulları için yapılan güvenlik analizi,
8. Kalite temininin hedefleri ve tanımıyla kalite temini organizasyonu ve uygulamaya ilişkin bilgileri de içeren kalite temini programı,
9. Kurucu ve yapımcı kuruluşların teknik potansiyeli, bilgi ve deneyimiyle projeye ilişkin organizasyonu hakkındaki bilgiler,
10. Hizmete sokmayla ilgili ön bilgiler,
11. Nükleer güvenlik konusundaki gelişme ve uygulamaların ışığı altında gerekli görülen diğer ek bilgiler.”

Rapor iki aşamada değerlendirilir. Sınırlı bir ilk değerlendirme sonucu raporda bir uygunsuzluk olmadığı takdirde sınırlı çalışma izni verilir. Kurucu bu izinle reaktör ve çevre güvenliğiyle ilgili bina ve tesisler için temel yapımına, bunların dışındaki yapıların, sistemlerin ve bileşenlerin yapımına başlayabilir.

İnşaat lisansına yönelik kapsamlı değerlendirmeden sonra inşaat lisansı alan kurucu, nükleer reaktör tesisinin tüm yapılarının yapımına ve sistemlerinin montajına başlayabilir.

İnşaatı tamamlanan tesis için Nükleer Tesislere Lisans Verilmesine İlişkin Tüzük’e göre nükleer güvenlik ve çevre güvenliği yönünden özel önem taşıyan, belirli bileşen ve sistemlerin hizmete sokulmasından en az altı ay önce işletme lisansı süreci başlar. Bu süreç üç adımda tamamlanır bunlar;

1. Hizmete sokma izni,
2. Yakıt yükleme ve deneme işletmelerine başlama izni,
3. Tam güçte çalışma izni ve işletme lisansı aşamalarıdır.

Tüm bu aşamalarda tesisin yer belirleme sürecinin etkileri görülmektedir. Yer lisansı alınana kadar geçen süreçte yer araştırmaları ve yer seçimi çalışmaları tamamlanıyor olsa da saha özelliklerinin belirlenmesi, işletme öncesi ve işletme dönemi çalışmaları santralin ömrü boyunca sürmektedir. Bu çalışmalardan elde edilen veriler ve çalışmaların sonuçları lisanslama sürecinde doğrudan girdi olarak kullanılmaktadır. Dolayısı ile en başta yapılan yer belirleme çalışmalarının santralin tüm ömrü boyunca etkisinin olacağı değerlendirilebilir.

2.3. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı Yaklaşımı

Nükleer santrallerin işletilmesi sırasındaki risklerin ve gerçekleşecek olası bir kazanın doğuracağı hasarın sınır aşan etkilerinden dolayı konuya ilişkin uluslararası organizasyonların oluşturulması ihtiyacı doğmuştur. Bu çerçevede nükleer güvenlik, nükleer emniyet ve nükleer güvence alanında “Nükleer Silahların Yayılmasının Önlenmesine İlişkin Anlaşma, Nükleer Güvenlik Sözleşmesi”, “Kullanılmış Yakıt İdaresinin ve Radyoaktif Atık İdaresinin Güvenliği Üzerine Birleşik Sözleşme”, “Nükleer Kaza Halinde Erken Bildirim Sözleşmesi”, “Nükleer Kaza veya Radyolojik Acil Hallerde Yardımlaşma Sözleşmesi”, “Nükleer Maddelerin Fiziksel Korunması Hakkında Sözleşme” gibi uluslararası anlaşmalara ülkemizin de aralarında bulunduğu birçok ülke taraf olmuştur.

Uluslararası anlaşmaların yanı sıra nükleer enerjinin barışçıl amaçlarla kurulmasını teşvik etmek amacıyla 1957 yılında UAEA kurulmuştur. UAEA, nükleer silahların yayılmasının önlenmesi amacıyla nükleer güvence denetimleri yaparak, nükleer güvenlik ve nükleer emniyet açısından üye ülkelere rehber olacak standartlar geliştirerek, üye ülkelere teknik yardım ve eğitim imkânları sağlayarak ve üye ülkelerin durumlarını gözden geçirerek ulusal nükleer düzenleyici sistemleri desteklemektedir. Türkiye de UAEA’ya ilk üye olan ülkelerdendir.

2.3.1. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı Hakkında Genel Bilgiler

UAEA Tüzüğü’nün ikinci maddesine göre ajansın amacı:

“Atom enerjisinin dünya barışına, sağlığa ve refaha katkısını arttırmak ve hızlandırmak ve bu görevi yerine getirirken, mümkün olduğu kadar, Ajans tarafından veya isteği üzerine veya

kendi idaresi veya denetimi altında yapılan yardımların askeri amaçlara dönük olarak kullanılmamasını sağlamaktır.”

UAEA, Birleşmiş Milletler bünyesinde kurulmuş ve uluslararası topluma hizmet eden bir kuruluştur. Amacı; nükleer alanda nükleer alanda bilimsel ve teknik işbirliği, nükleer silahların yayılmamasını sağlamak üzere uluslararası denetim ile askeri amaçlı olmayan nükleer çalışmaları ve programları kapsayan denetimler ve bu denetimlere dayanan doğrulama önlemlerinin yürütülmesidir. Bu hedef çerçevesinde her yıl teknik uzmanlar eğitilmekte, seminerler düzenlenmekte, ajansa üye ülkelerin nükleer programlarını geliştirmeleri için teknik destek sağlanmaktadır. Ayrıca UAEA bünyesinde nükleer enerjinin barışçıl amaçlarla kullanımına yönelik olarak nükleer güvenlik ve atık yönetimiyle ilgili düzenlemelerin geliştirilmesi için çalışmalar yürütülmektedir. Nükleer silahların yayılmasını önlemek asında nükleer güvenlik denetçileri, nükleer tesislerin büyük çoğunluğunu “Nükleer Silahların Yayılmasını Önleme Antlaşması (NPT)” kapsamında denetlemektedir [31].

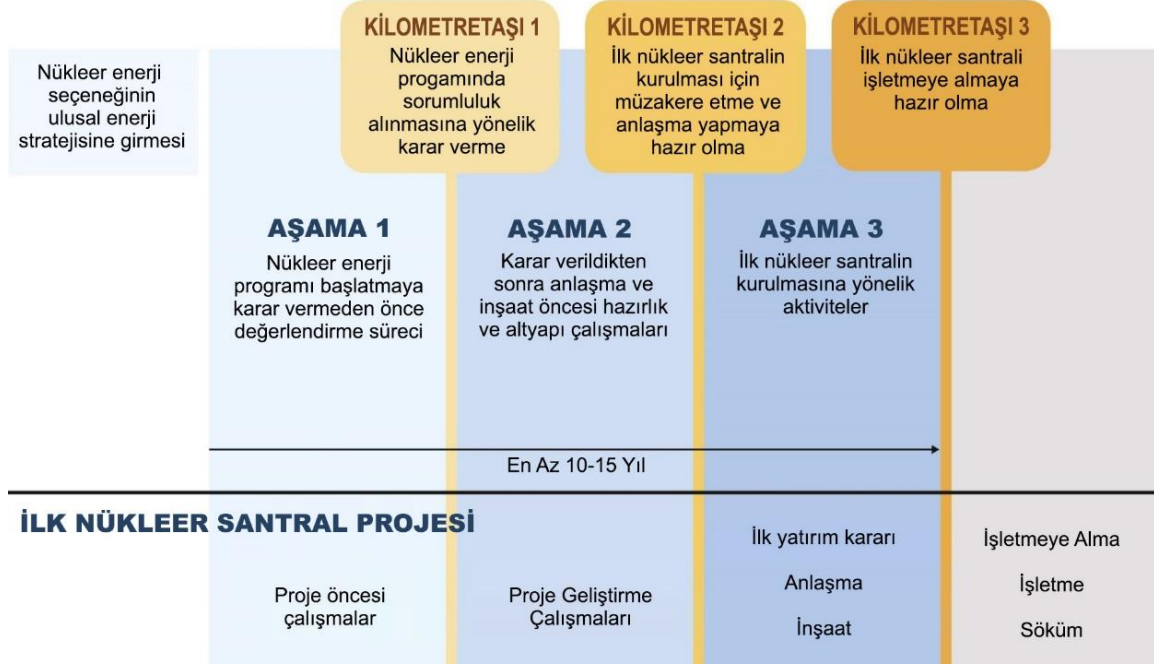
UAEA bir nükleer düzenleyici veya lisanslayıcı kuruluş olmamakla birlikte, ulusal lisanslama kuruluşlarına nükleer güvenlikle ilgili konularda destek vermektedir. UAEA tavsiyeleri, birçok ülkede, güvenlik standartları ve kuralları için esas alınmaktadır. Ajans, Nükleer güç reaktörlerinin yer seçimi, tasarımı, işletilmesi ve kalite kontrolleri için güvenlik kılavuzları geliştirilmiştir [31].

2.3.2. Kilometre Taşları Yaklaşımı ve Yeni Başlayan Ülkeler

UAEA tarafından işletme halinde nükleer santrali bulunmayan ve nükleer program başlatarak santral inşa edecek ülkeler “nükleer programını yeni başlatan ülkeler” (newcomer countries) olarak adlandırılmaktadır. 1985 yılında Çin’in ilk nükleer santral inşaatına başlamasından 2012 yılına kadar inşa edilen tüm santraller nükleer santrale sahip ülkelerde inşa edilmiştir. 2012 yılında 27 yıl aradan sonra nükleer programını yeni başlatan ülkeler arasında santral inşasına ilk başlayan ülke Birleşik Arap Emirlikleri olmuştur. Ardından 2013 yılında Belarus nükleer programını yeni başlatan ülkeler arasında santral inşasına başlayan ülke olmuştur [16].

Nükleer programını yeni başlatan ülkeler için UAEA tarafından ulusal altyapının geliştirilmesinde kullanılması amacıyla Kilometre Taşları Yaklaşımı (Milestones Approach) adı verilen bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşım UAEA’nın NG-G-3.1 kodlu “Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power” dokümanında açıklanmıştır. Bu dokümanda Kilometre Taşları Yaklaşımı üç aşama ve üç

kilometre taşı sayılan kilit aktiviteden oluşmaktadır. Üç aşama; değerlendirme, hazırlık ve inşaat, üç kilometre taşı ise karar verme, anlaşma ve kurulum olarak tarif edilmiştir. Her aşamada yapılması planlanan faaliyetler Şekil 8’de verilmiştir [32].



Şekil 8. Kilometre taşları yaklaşımı

Kilometre Taşları Yaklaşımında UAEA’nın odaklanılmasını tavsiye ettiği 19 nükleer altyapı başlığı bulunmaktadır. Bu başlıklar Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Kilometre taşları yaklaşımı nükleer altyapı başlıkları

1. Ulusal pozisyon	11. Paydaşların katılımı
2. Nükleer güvenlik	12. Saha ve yardımcı tesisler
3. Yönetim	13. Çevresel koruma
4. Finansman ve mali destek	14. Acil durum planlaması
5. Yasama altyapısı	15. Emniyet ve fiziksel koruma
6. Nükleer silahsızlanma	16. Nükleer yakıt çevrimi
7. Radyasyondan korunma	17. Radyoaktif atıklar
8. Düzenleyici altyapı	18. Endüstriyel katılım
9. Elektrik şebekesi	19. Satın alma
10. İnsan kaynakları geliştirilmesi	

Yer belirleme çalışmaları bu yaklaşımda çerçevesi çizilen 19 başlıktan saha ve yardımcı tesisler başlığında incelenmiştir. Dokümanda ilk olarak yer araştırmaları ve yer seçiminde kullanılacak verilerin veri yönetimi standartlarına uygun biçimde bir veri bankasında depolanması önerilmiştir. Bu durum sadece yer seçimi ve lisanslamasında değil işletme aşamasında karşılaşılabilecek sorunlarda da işe yarayacaktır. Ayrıca başarılı bir yer belirleme çalışması için paydaşların olabilecek en erken aşamada sürece dahil edilmesi tavsiye edilmiştir. UAEA tarafından Kilometre Taşları Yaklaşımı dokümanında veri bankasında bulunmasında faydalı olacağı değerlendirilen veriler Tablo 3’de verilmiştir [32].

Tablo 3. Veri bankasında bulunması tavsiye edilen veri grupları

1. Elektrik sistemine entegrasyon	11. Nükleer güvenlik ve radyasyondan korunma
2. Demografi	12. Nükleer emniyet
3. Arazi kullanımı	13. Çevresel etkiler ve çevresel izleme
4. Jeoloji ve jeoteknik	14. İnsan kaynaklı dış olaylar
5. Sismoloji ve volkanoloji	15. Yerel altyapı
6. Diğer doğal dış olaylar	16. Erişim kolaylığı
7. Isı atımı seçenekleri	17. Hukuki kısıtlamalar
8. Hidroloji	18. Halkla etkileşim
9. Meteoroloji	19. Acil durum planlaması
10. Oşinografi	

Kilometre Taşı Yaklaşımında santralin kurulacağı yerin belirlenmesine ilişkin çalışmalara birinci aşamada başlanması öngörülmüştür. İlk aşamada saha araştırmalarının tamamlanması, nükleer güvenlik, nükleer emniyet, maliyet, sosyo ekonomik konular, mühendislik, çevresel etkiler, insan kaynaklı ve doğal dış olaylar ile acil durum planlarının uygulanabilirliği gibi konular göz önünde bulundurularak dışlama kriterlerinin belirlenmesiyle potansiyel bölgelerin ortaya çıkarılması tavsiye edilmektedir. İkinci aşamada nükleer düzenleyici kurum tarafından kurucunun yer seçimi ve saha özelliklerinin belirlenmesinde dikkate alacağı, yer değerlendirmesine esas kriterlerin tanımlanması tavsiye edilmektedir. Üçüncü aşamada ise santralin kurulacağı yerin lisanslaması da dahil olmak üzere tüm lisanslama faaliyetlerinin tamamlanması önerilmektedir. Bölüm 2.2.3’te tarif edilen lisanslama süreçleri bu aşamada tamamlanmalıdır. 3. Aşama aynı zamanda işletme öncesi ve işletme dönemindeki izleme faaliyetleri ve sahaya ilişkin kestirimlerin doğrulanmasını da kapsar [32].

2.3.3. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı Temel Güvenlik İlkeleri

UAEA temel güvenlik ilkeleri nükleer programa başlayan tüm ülkeler için çevrenin ve insanların korunmasında en temel dokümantasyonu oluşturmaktadır. SF-1 kodlu “Fundamental Safety Standarts” dokümanında güvenliğin temel amacı “insanları ve çevreyi iyonlaştırıcı radyasyonun etkisinden korumak olarak tarif edilmiştir. Bu dokümanda nükleer güvenliğe ilişkin 10 temel güvenlik ilkesi belirlenmiştir [33]. Bu ilkeler aşağıda sıralanmıştır.

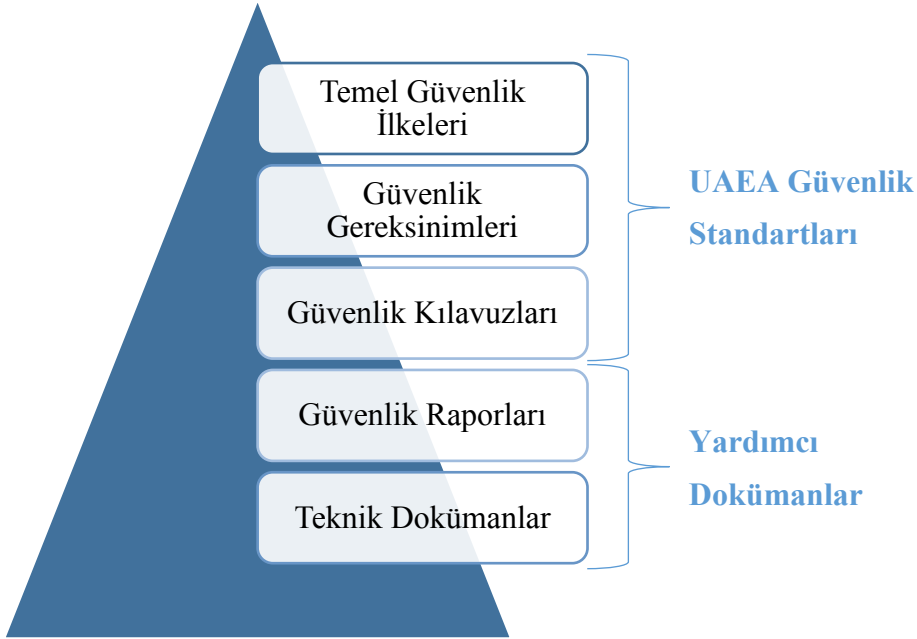
1. Güvenlik için sorumluluk: Güvenlik için öncelikli sorumluluk; radyasyon riskleri doğuran tesis ve faaliyetlerden sorumlu kişi veya organizasyonlara ait olmalıdır.
2. Hükümetin rolü: Güvenlik için bağımsız bir düzenleyici kurum da dâhil olmak üzere, etkin bir hukuk ve devlet düzeni kurulmalı ve sürekliliği sağlanmalıdır.
3. Güvenlik için liderlik ve yönetim: İlgili kuruluşlar ile radyasyon riskleri doğuran tesis ve faaliyetlerde etkili bir liderlik ve yönetim kurularak devamlılığı sağlanmalıdır.
4. Tesis ve faaliyetlerin doğrulanması: radyasyon riskleri doğuran tesis ve faaliyetler toplam fayda getirmelidir.
5. Korunma için optimizasyon: korunma; makul ve ulaşılabilir seviyede güvenliği en üst düzeyde sağlamak için optimize edilmelidir.
6. Bireyler için risklerin sınırlandırılması: radyasyon risklerinin kontrolü için alınan tedbirler, bireylerin kabul edilemez bir riske maruz kalmayacağını garanti altına almalıdır.
7. Mevcut ve gelecek nesillerin korunması: çevre ve insanlar, şimdi ve gelecekte radyasyonun zararlı etkilerinden korunmalıdır.
8. Kazalarının önlenmesi: pratikte yapılan tüm çalışmalar, nükleer ve radyasyon kazalarının önüne geçmek ve etkilerini azaltmak için yapılmalıdır.
9. Acil duruma hazırlık ve müdahale: nükleer veya radyasyon kazaları durumlarında, acil durumlara hazırlık ve müdahale için gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.
10. Olağan veya kontrolsüz radyasyon risklerini azaltmak için koruyucu eylemler: Olağan veya kontrolsüz radyasyon risklerinin azaltılmasına yönelik koruyucu eylemler doğrulanmalı ve optimize edilmelidir.

Bu ilkelerden 8 numaralı kazaların önlenmesine ilişkin ilkede derinliğine savunma stratejisinin etkili bir yönetim sistemi, işletme prosedürleri ve kaza anında detaylı yönetim prosedürlerinin hazırlanması ve uygun yer seçimi ile sağlanabileceği belirtilmiştir. Buna göre Pratikte yapılan tüm çalışmalar, nükleer ve radyasyon kazalarının önüne geçmek ve

etkilerini azaltmak için yapılmalıdır. Temel güvenlik ilkelerinin hiyerarşik olarak altında yer alan her türlü doküman esas olarak bu ilkelerin sağlanması amacıyla hazırlanmıştır.

2.3.4. Yer Belirleme Sürecine İlişkin Yaklaşımlar

Tüm UAEA dokümantasyonu hiyerarşik bir düzen içerisinde hazırlanmıştır. Bu hiyerarşi Şekil 9’da belirtilmiştir. Doküman hiyerarşisinin en tepesinde yukarıda bahsedilen SF-1 kodlu “Temel Güvenlik İlkeleri (Fundamental Safety Principles)” dokümanı yer almaktadır. “Temel Güvenlik İlkeleri” dokümanını yedi adet “Genel Güvenlik Gereksinimleri (General Safety Requirements)” ve üç adet “Özel Güvenlik Gereksinimleri (Specific Safety Requirements)” serisinden doküman takip eder. Bu gereksinim dokümanları Tablo 4’de verilmiştir. Güvenlik gereksinimleri içerisinde yer belirleme ve değerlendirme çalışmalarında başvurulması gereken doküman NS-R-3 kodlu “Site Evaluation for Nuclear Installations” olarak belirlenmiştir. Güvenlik gereksinimlerinin altında daha detaylı genel güvenlik kılavuzları hiyerarşinin üçüncü basamağını oluşturur. Ardından güvenlik raporları ve teknik dokümanlar gelmektedir.



Şekil 9. UAEA doküman hiyerarşisi

Tablo 4. UAEA güvenlik gereksinimleri

Doküman Adı	Kodu
Genel Güvenlik Gereksinimleri	
Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety	GSR - 1
Leadership and Management for Safety	GSR - 2
Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards	GSR - 3
Safety Assessment for Facilities and Activities	GSR - 4
Predisposal Management of Radioactive Waste	GSR - 5
Decommissioning of Facilities	GSR - 6
Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency	GSR - 7
Özel (Specific) Güvenlik Gereksinimleri	
Site Evaluation for Nuclear Installations	NS-R-3
Safety of Nuclear Power Plants: Design	SSR-2/1
Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation	SSR-2/2

Nükleer tesisler için yer belirleme ve değerlendirme çalışmalarında kullanılabilen güvenlik kılavuzları Tablo 5’de verilmiştir. Tezin odak noktasını oluşturan yer belirleme çalışmaları için SSG-35 kodlu “Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations” kılavuzu esas alınmıştır.

Tablo 5. Yer belirleme ve değerlendirme çalışmalarında kullanılabilen güvenlik kılavuzları

Doküman Adı	Kodu
External Human Induced Events in Site Evaluation for Nuclear Power Plants	NS-G-3.1
Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants	NS-G-3.2
Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations	SSG-9
Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations	SSG - 18
Geotechnical Aspects of Site Evaluation and Foundations for Nuclear Power Plants	NS-G-3.6
Volcanic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations	SSG-21
Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations	SSG-35

Yukarıda sıralanan güvenlik kılavuzlarına ek olarak NG –T-3.7 kodlu “Managing Siting Activities for Nuclear Power Plants” teknik dokümanı yer belirleme çalışmalarının yönetimi, kriter seçimi, metodoloji ve paydaşların sürece katılımı hakkında tavsiyeler içermektedir.

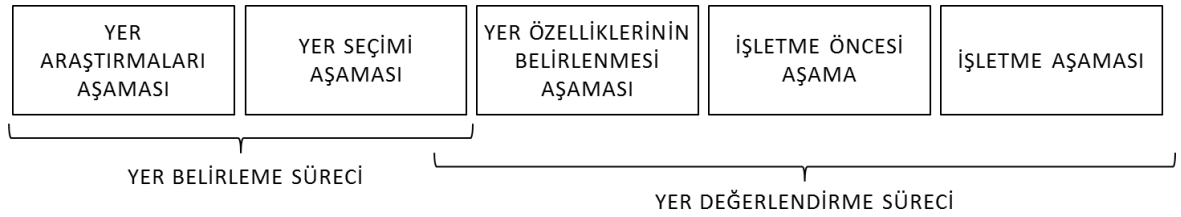
3. NÜKLEER SANTRALLER İÇİN YER BELİRLEME ÇALIŞMALARI VE TEMEL KRİTERLER

3.1. Yer Belirleme ve Yer Değerlendirme Çalışmalarının Tanımı

UAEA'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 süre beş alt aşamaya bölünmüştür. Bunlar;

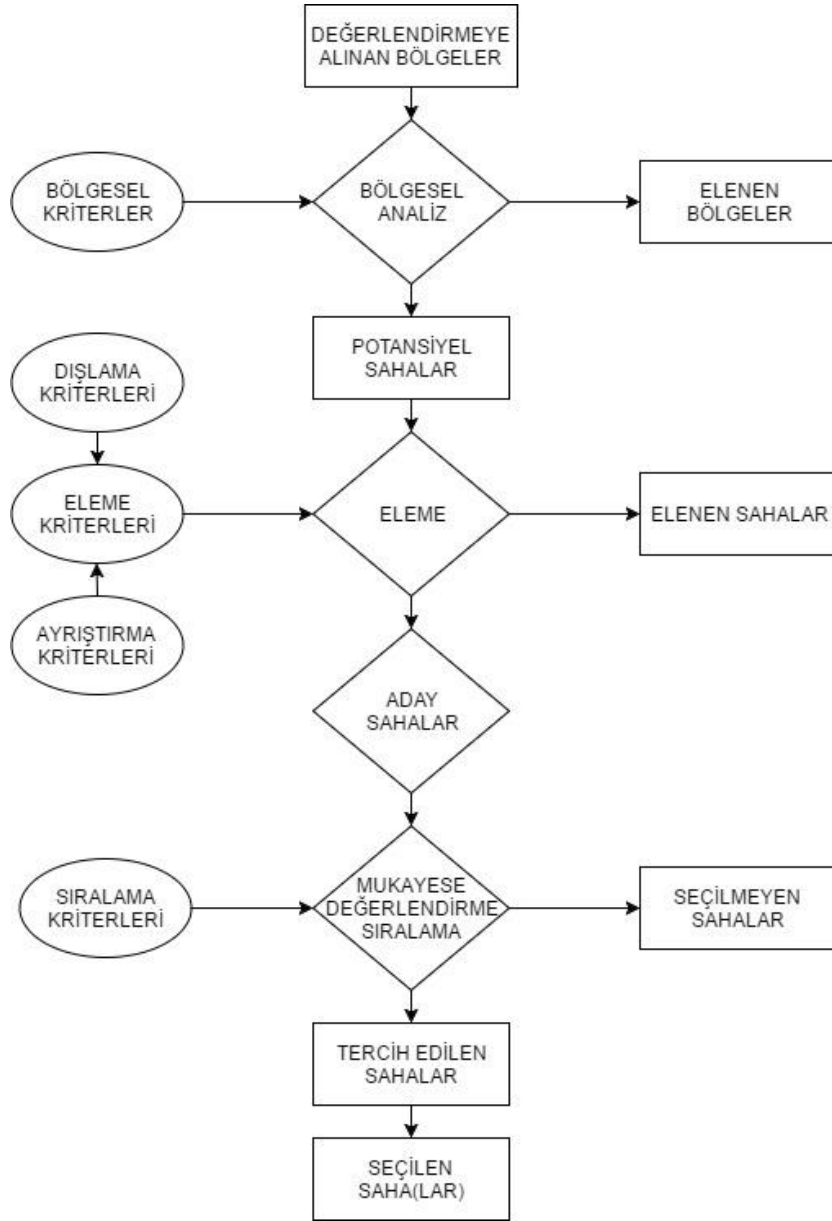
- Yer araştırmaları aşaması
- Yer seçimi aşaması
- Yer özelliklerinin belirlenmesi aşaması
- İşletme öncesi aşama
- İşletme aşaması

olarak belirlenmiştir. Bu aşamaların ilişkisi Şekil 10'da verilmiştir [10].



Şekil 10. Yer belirleme ve yer değerlendirme süreçleri

Yer belirleme süreci bu beş aşamadan 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 sahalar) belirlenir [10]. Yer belirleme çalışmalarına ilişkin iş akışı Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Yer belirleme çalışmalarına ilişkin iş akışı [10]

Yer değerlendirme süreci ise yer belirleme sürecindeki yer seçimi aşamasının bir bölümünü de kapsamakla birlikte esas olarak belirlenen sahaların 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 (ground truthing), sahaya ilişkin kestirimlerin doğrulanması ve işletme aşamasında güvenlik denetimlerini içerir [10].

3.2. Yer Belirleme Çalışmaları

Yer belirleme çalışmaları Bölüm 3.1’de belirtildiği üzere nükleer tesislerin kurulumu için uygun yerlerin tespiti amacıyla yer araştırmaları ve yer seçimi çalışmalarını kapsar. Nükleer tesis için uygun yerin belirlenmesinde Bölüm 2.3.3’te belirtilen temel güvenlik ilkeleri esas alınmakla birlikte, yer belirleme çalışmaları, özellikle 8 numaralı temel güvenlik ilkesine göre kazaların önlenmesi çerçevesinde derinlemesine savunma stratejisinin bir parçasıdır.

Pek çok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de yer belirleme nükleer düzenleyici kurum tarafından yürütülen bir faaliyet değildir. Nükleer tesislerin kurulumu için uygun yerlerin belirlenmesi nükleer düzenleyici kurumun görev alanında değilse de, kurucu tarafından seçilen yerlerin lisanslanması nükleer düzenleyici denetimin bir parçasıdır. Ülkemizdeki mevzuata göre TAEK’ten alınması gereken yer lisansı bu düzenleme faaliyetine karşılık gelmektedir. Bölüm 2.2.3’te belirtildiği üzere, yer lisansının alınması için kurucu, biçim ve içeriği TAEK tarafından 2009 yılında çıkarılan Nükleer Güç Santralleri İçin Yer Raporu Biçim ve İçeriği Kılavuzu’na uygun olacak şekilde hazırladığı yer raporu ile TAEK’e başvurur.

3.2.1. Yer Araştırmaları Aşaması

Yer araştırmaları aşamasında bölgesel analizler yapılarak santral kurulabilecek odak bölgelerin tespiti ve potansiyel yerlerin belirlenmesi işleri gerçekleştirilir. Mevcut bilgiler ile daha ileri bir değerlendirme yapılmadan süreç tamamlanır. Araştırma bölgesindeki bütün potansiyel yerler dışlanmasına sebep olacak bariz bir sebep görülmedikçe eleme aşamasına dahil edilir.

İkinci adım olan eleme aşamasında aday sahaların belirlenmesi için kriterler ışığında uygun olmayan sahalar elenir. Bu aşamada nükleer güvenliği ilgilendiren ve ilgilendirmeyen göz önünde bulundurulması gereken kriterler ve ülkeye has durumlar tanımlanır. Neticede eleme aşamasında potansiyel yerler bölgesel analizlerde değerlendirilmeyen ilave kriterler kullanılarak basit incelemelerle değerlendirilir ve nükleer santral kurulması için aday yerler belirlenir. Buradaki esas amaç güvenlikle ilgili olan veya olmayan kriterlere göre potansiyel yerlerden uygun olmayanları elemek ve geriye aday sahaların kalmasını sağlamaktır.

3.2.2. Yer Seçimi Aşaması

Eleme aşamasından sonra ortaya çıkan aday sahalar yer seçimi aşamasına dahil edilir. Değerlendirme, kıyaslama ve sıralama işlemlerinin yapıldığı yer seçimi aşaması esas olarak iki evreden oluşur;

1. Değerlendirme evresi: Aday yerlerde nükleer santralin inşasını ve işletilmesini imkânsız kılacak bir etmen olmadığının teyidi için değerlendirme çalışmaları yapılır.
2. Mukayese evresi: Daha detaylı araştırmalar ve analizler ile aday yerlerin birbirleriyle karşılaştırılması ve mukayese yapılır.

Değerlendirme ve mukayese evresinde her bir kriter için belli ağırlıklar belirlenir ve kriter puanları bu ağırlıklarla çarpılarak Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi ile uygun sahaların belirlenmesi hedeflenir. Bu yöntemdeki en önemli dezavantaj puanlamada öznelliğin fazla oluşudur. Ancak aynı öznellik tüm kriterlerde geçerli olduğundan tüm sahalar aynı anda puanlamaya tabi tutulduğunda yöntemin iç tutarlılığı sağlanabilmektedir. En büyük avantajı ise, basit ve uygulanabilir olmasıdır.

Mukayese için fayda maliyet analizi, basit ağırlıklı çarpım veya evet-hayır sınıflandırması gibi farklı metotlar da kullanılabilir.

Yer belirleme sürecinde sahadan veri toplanmadan masa başı çalışmalar ile mevcut verilerin kullanılması öngörülse de mukayese sırasında veya sonucunda isteğe bağlı olarak öne çıkan sahalarda arazi doğrulaması ve saha etütleri yapılabilir. Sürecin sonunda santral kurulacak saha ve tercihen bir yedek saha belirlenir. Bu aşamada toplanacak veriler yer değerlendirmesi sürecinde kullanılmak veya gözden geçirilmek üzere kriterlere odaklı biçimde veri yönetimi standartlarına uygun, takip edilebilir ve entegre edilebilir şekilde toplanmalı ve depolanmalıdır [10].

3.2.3. Yer Belirleme Sürecinde Kriterlerin Tanımlanması

Yer belirleme aşamasında kullanılacak kriterlerin belirlenmesi, göz önünde bulundurulması gereken ve karar vermeye esas konuların ve ülkeye has durumların anlaşılması için faydalı bir süreçtir. Bu süreçte kullanılacak kriterler işlem adımlarına göre üç grupta sınıflandırılır. Bunlar:

1. Bölgesel kriterler
2. Eleme kriterleri
3. Sıralama kriterleridir.

Bu kriterlerin neler olması gerektiği ve nicel özellikleri ile ilgili açıkça tanımlamalar bulunmamaktadır. UAEA tarafından kriterlerin ve nicel özelliklerin belirlenmesinde üç adımlı bir yol haritası önerilmektedir. Buna göre;

1. Ulusal nükleer düzenleyici kurumun yer değerlendirmesine ilişkin kısıtları ve beklentileri ile UAEA güvenlik gereksinimleri ve güvenlik kılavuzları
2. Paydaş kurumların görüşleri
3. Başarılı ülke örnekleri

dikkate alınarak kriterler ve nicel özellikleri belirlenebilir [10].

3.2.3.1. Bölgesel Kriterler

Bölgesel kriterler CBS’de ifade edilebilecek yakınlık, uzaklık vb. gibi ölçülebilir kriterler yerine ulusal iç politika, enerji arz güvenliği politikası, çevre politikası gibi üst ölçekli kararlardan oluşur ve santral kurulacak bölge bu yaklaşımlar ışığında kavramsal olarak belirlenir.

Bu aşamada altyapı gereksinimleri, sismik tehlike, emniyet ve soğutma suyu mevcudiyeti gibi teknik kısıtlamaların dikkate alınması bölgesel analizler için önemlidir. Bölgesel kriterler odak bölgelerin ve potansiyel yerlerin belirlenmesi açısından önemlidir [10].

3.2.3.2. Eleme Kriterleri

Eleme kriterleri ise işlevlerine göre dışlama kriterleri ve ayrıştırma kriterleri olarak iki ana gruba ayrılır.

Dışlama kriterleri potansiyel yerlerin arasından bir sorun, olay, tehlike veya fenomenin mühendislik çözümleri ile aşılamayacak durumda olduğu yerleri tespit etmek ve elemek için kullanılır. Değerlendirme sırasında dışlama kriterlerinin herhangi birine göre olumsuz değerlendirilen yerler elenir [10].

Dışlama kriterleri, esas olarak göz ardı edilemeyecek veya önlem alınamayacak ve nükleer güvenliğin sağlanmasını doğrudan etkileyecek durumlar ile sınırlıdır ve kurulacak nükleer tesis için temel güvenlik konuları kapsamında sahanın elverişli olup olmadığını belirler. Bu nedenle bu kriterlerin genel kabul gören hususlar ve ülkeye has güvenlik önlemleri göz önünde bulundurularak çalışmanın en başında belirlenmesi gerekir. Dışlama kriterleri, güvenlikle ilgili mühendislik çözümleri ile aşılamayacak durumda tüm kritik olayların tespiti için gerekli kriterleri içerir. Dışlama kriterleri açısından ilk elemeyi geçen saha yoksa proje daha ileriye gidemez. İlk elemeyi geçen birkaç aday yer var ise, bazen, nükleer güç programı için ilk etapta ilgilenilen bölge daha fazla elverişli sahayı kapsayacak şekilde genişletilebilir [34].

Dışlama kriterlerinde sadece potansiyel yerin zayıflıkları veya dezavantajları değil bu zayıflık veya dezavantajın giderilmesine kullanılabilecek çözümlerin uygulanabilirliği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Ayrıştırma kriterleri ise potansiyel yerlerin arasından bir sorun, olay, tehlike veya fenomenin mühendislik çözümleri ile aşılabilecek durumda olduğu yerleri tespit etmek ve değerlendirmek için kullanılır. Ayrıca dışlama kriterleri ile elenmeyen potansiyel yerlerin iteratif bir biçimde elenerek aday yerlerin / sahaların ortaya çıkarılmasında kullanılır. Kimi çalışmalarda ayrıştırma kriterleri sakınma kriterleri ve uygunluk kriterleri (avoidance criteria and suitability criteria) olarak iki alt grupta tanımlanmıştır [10].

Ayrıştırma kriterleri insan kaynaklı dış etkiler, olağandışı meteorolojik olaylar, sel baskını gibi güvenlikle ilgili kriterlerin yanı sıra ulaşım altyapısının yeterliliği, sosyo-ekonomik etkiler, iletim hatlarına yakınlık gibi mühendislik uygulamaları ile çözüm getirilebilecek konulardaki kriterlerden oluşur.

Ayrıştırma kriterleri karar verme sürecindeki önemi açısından değerlendirilmelidir çünkü matematiksel bir gerçek olarak bilinmektedir ki, çok sayıda kriter kullanılırsa tek bir kriter uygulanan duyarlılık analizinin etkisi azalmaktadır. Potansiyel yerler, söz konusu kriter açısından ciddi şekilde farklılık göstermiyorsa ya da o kriterle ilişkin yeterli bilgi yoksa o kriter ayrıştırma kriteri olarak seçilmemelidir. Bu kriterlerin uygulanması sonucu belli bir veya iki sahanın çok öne çıkması durumunda mukayese işlemine gerek duyulmayabilir [34].

3.2.3.3. Sıralama Kriterleri

Dışlama ve ayrıştırma kriterleri kullanılarak belirlenen aday yerler / sahalar sıralama kriterleri kullanılarak birbirleri ile mukayese edilirler. Bu kriterler genel olarak nükleer güvenliği ilgilendirmeyen kriterlerden oluşur. Kimi çalışmalarda ayrı bir sıralama kriteri kullanılmadan ayrıştırma kriterlerinin sakınma ve uygunluk kriterleri olarak ayrılması ile doğrudan sıralamada kullanıldığına rastlanmıştır [34].

Sıralama sonucunda birkaç aday sahanın yakın puanlara sahip olması ve herhangi bir kriterin puanlamasındaki bir değişikliğin sıralamayı değiştirebileceği durumlarda ekonomik etkenler veya uygunluk kriterleri devreye sokulabilir veya mevcut kriterler daha detaylı değerlendirilebilir.

Bu iki yaklaşımın ilki, ekonomik etkenler veya güvenlikle ilgili olmayan uygunluk kriterlerinin uygulanması gerektiği varsayımına dayanan geleneksel yaklaşımdır. Uygunluk kriterleri, yakın puanlı sahalar arasında ayırım yapmak için kullanılan sahaların sıralanması

açısından geçerli bir metottur. Bununla birlikte bu yaklaşım, uygunluk kriterleri uygulanmadan önceki puanlar aynı olduğu halde bu sahaların kendilerinin fiili durumda yeni bir nükleer santral projesinin uygulanması açısından farklı potansiyelerde olduğunu göz ardı etmektedir.

İkinci yaklaşım; sakınma kriterlerinin, mevcut veriler kullanılarak daha detaylı değerlendirildiği, ülkenin kendi mevzuatı ve önleyici tedbirlerdeki uygulama esnekliği de dikkate alınarak daha derinlemesine analizlerin yapıldığı “duyarlılık analizi”dir. Seçenekler için analizlerin geliştirilmesi, muhafazakâr veya tahmini varsayımlar kullanılarak güncel verilerle sahaya bir puan atanmasını, veri aralıkları için kullanılan numerik değerleri ya da projeyi öneren kişinin bakış açısından o kriterin önemine göre ağırlıklandırmayı içerir [34].

3.3. Kriterlerin Sınıflandırılması

Yer belirleme kullanılacak kriterler eleme kriteri veya sıralama kriteri olmasından bağımsız olarak bir sınıflandırmaya tabidir. Bu sınıflandırma kriterlerin nükleer güvenlik ile ilgisi baz alınarak hazırlanmıştır. Buna göre yer belirlemede kullanılacak kriterler;

1. Nükleer güvenlikle ilgili kriterler
2. Nükleer emniyet ile ilgili kriterler
3. Nükleer güvenlikle ilgili olmayan kriterler

olarak üç grupta sınıflandırılabilir [10].

3.3.1. Nükleer Güvenlik ile İlgili Kriterler

Nükleer güvenlik ile ilgili göz önünde bulundurulması gerekenler güvenlik gereksinimlerinde ve bu gereksinimler çerçevesinde güvenlik kılavuzlarında belirlenmiştir. UAEA'nın SSG-35 dokümanına göre nükleer güvenlik ile ilgili kriterler tematik olarak dört grup altında sınıflandırılabilir [10].

Bunlar;

1. Doğal olaylar
2. İnsan Kaynaklı Dış Olaylar
3. Çevre ve Saha Özelliklerinin Radyoaktif Materyal Yayılımına Etkisi
4. Acil Durum Planlarının Uygulanabilirliği

3.3.1.1. Doğal Olaylar

UAEA dokümantasyonunda doğal olaylara ilişkin göz önünde bulundurulması gereken kriterler esas olarak NS-R-3 kodlu güvenlik gereksinimleri ve bu gereksinimler çerçevesinde yayınlanan güvenlik kılavuzları ile belirlenmiştir. SSG-35 dokümanında bu olaylar;

1. Diri faylar
2. Depreme bağlı yer hareketleri
3. Volkanik olaylar
4. Gel-git, tsunami veya dalga etkisi nedeniyle kıyı taşkınları veya düşük su alma seviyesi
5. Barajların yıkılması gibi sebeplerle oluşacak nehir taşkınları veya düşük debi nedeniyle su alma seviyesinin azalması
6. Suda yaşayan organizmalar, Su alma yapılarının tıkanması
7. Özelliklerde haliçlerde kıyı taşkınları ve nehir iç sulardaki taşkınlar ile ani gelişen sel olayları
8. Yüksek rüzgârlar, hortumlar ve tayfunlar
9. Kum ve toz fırtınaları gibi yerel fenomenler;
10. Kuraklık, çökme, çığ, yıldırım düşmesi, yüksek sıcaklık vb. gibi diğer olağandışı meteorolojik olaylar.
11. Şev duraysızlığı, sıvılaşma, heyelan vb. gibi jeoteknik olaylar
12. Orman yangınları
13. Tüm bu olayların olası kombinasyonları olarak tarif edilmiştir [10].

3.3.1.2. İnsan Kaynaklı Dış Olaylar

İkinci kriter seti olan, insan kaynaklı dış olaylar UAEA dokümantasyonunda esas olarak NS-G-3.1 kodlu güvenlik kılavuzunda ele alınmıştır. Yer seçimine ilişkin SSG-35 dokümanında insan kaynaklı dış olaylara sebep olacak kaynaklar;

1. Sabit kaynaklar
 - 1.1. Diğer nükleer tesisler, petrol ve doğal gaz faaliyetleri, kimyasal tesisler, tehlikeli madde kullanılan tesisler, yayın ve iletişim ağları, madencilik ve taş ocağı faaliyetleri, yüksek enerjili dönen ekipmanlar ve hidrolik mühendislik yapıları
 - 1.2. Geçici veya daimi askeri tesisler ve faaliyetler
2. Gezici (Mobil) kaynaklar
 - 2.1. Tren yolları, kara yolları, boru hatları vb. gibi ulaşım ve taşıma hatları

- 2.2. Askeri ve sivil limanlar ve havalimanları
- 2.3. Hava trafik koridorları ve uçuş güzergâhları

3. Elektromanyetik karışma veya parazit oluşturacak tesis ve faaliyetler

olarak tarif edilmiştir [10].

3.3.1.3. Çevre ve Saha Özelliklerinin Radyoaktif Madde Yayılımına Etkisi

Saha ve çevre karakteristiğiyle ilgili radyoaktif madde yayılımına etkilerin araştırılacağı üçüncü kriter seti UAEA dokümantasyonunda NS-G-3.2 kodlu güvenlik kılavuzu ile belirlenmiştir. Yer seçimine ilişkin SSG-35 dokümanında bu olaylar;

1. Radyoaktif maddelerin atmosferik dağılımı
2. Radyoaktif maddelerin yer altı suyuna karışması
3. Radyoaktif maddelerin yüzey suyuna karışması
4. Santralin işletme ömrü boyunca projeksiyonları da içermek kaydıyla nüfus yoğunluğu, nüfusun dağılımı ve nüfus merkezlerine uzaklık

olarak tarif edilmiştir [10].

3.3.1.4. Acil Durum Planlarının Uygulanabilirliği

Dördüncü kriter seti esas olarak acil durum planlarının uygulanabilirliğinin değerlendirilmesi içindir. UAEA'nın yer seçimine ilişkin SSG-35 dokümanında bu fenomenler;

1. Sahanın acil durum eylem planının uygulanmasını etkileyecek adalar, dağlar, nehirler vb. gibi fiziksel özellikleri
2. Sahanın acil durum eylem planının uygulanmasını etkileyecek ulaşım altyapısı
3. Nüfus değerlendirmeleri, yaşlı ve engelliler, hastalar, mahkûmlar vb. gibi kesimlerin tespiti ve arazi ve su kullanımına ilişkin veriler
4. Acil durum planlama bölgeleri ve mesafeleri
5. Etkisi olabilecek endüstriyel tesisler
6. Ulaşım altyapısına zarar verebilecek dış olaylar

olarak tarif edilmiştir [10].

3.3.2. Nükleer Emniyet ile İlgili Kriterler

Nükleer tesislerin yer belirleme sürecinde dikkate alınacak nükleer emniyete ilişkin hususlar UAEA'nın nükleer emniyet dokümantasyonunda belirtilmiştir. Ülkeye has olarak bu hususların ulusal uzman kuruluşlarla görüşülerek detaylandırılması önerilmektedir.

Genellikle bu kriterler sahanın fiziksel korumasını ve koruma önlemlerinin uygulanmasını etkileyebilecek fiziksel özelliklerini ifade eder. Saha özelliklerinin saptama, caydırma, mani olma ve karşılık verme faaliyetlerini engellememesi beklenmektedir.

3.3.3. Nükleer Güvenlik ile İlgili Olmayan Kriterler

Yer belirleme sürecinde nükleer güvenlikle ilgili olmayan ancak projenin maliyetini ve uygulanabilirliğini doğrudan etkileyen hususlar da dikkate alınmalıdır.

UAEA'nın yer seçimine ilişkin SSG-35 dokümanında özellikle iletim hatları, ulaşım altyapısı, radyolojik olmayan çevresel etikler ve sosyo-ekonomik etkiler gibi altyapı konularının yer belirleme sürecinde sahaların mukayesesinde kullanılması tavsiye edilmektedir [10].

3.4. Yer Belirleme Sürecinde Kullanılması Öngörülen Veriler

Yer belirleme çalışmaları oldukça detaylı bir veri toplama ve değerlendirme süreci gerektirir. Yer araştırmaları aşamasında uydu fotoğrafları, hâlihazır haritalar, yerel kurumlardan elde edilen veriler, uzman kurumlardan temin edilecek ülkeye has veriler gibi mevcut bilgi ve verilerin saha etüdü yapılmadan toplanması ve değerlendirilmesi önerilmektedir. Potansiyel yerlerin belirlenmesinde bu verilerin yetersiz görülmesi durumunda özellikle eleme için belirlenen kriterler çerçevesinde ilave saha etütleri ve araştırmalar yapılabilir. Bu aşamada toplanan, değerlendirilen ve kullanılan tüm verilerin projenin ilerleyen aşamalarında kullanılacağı göz önünde bulundurularak kalite ve veri yönetimi standartlarına göre yönetilmesi ve takip edilebilirliği oldukça önemlidir. Benzer biçimde verilerin toplanması ve yönetiminde yer belirleme sürecinin aşamaları ve bu aşamalardaki detay seviyeleri tutarlı olmalıdır. Toplanacak konuma dayalı veriler için ise ölçeğin ve çözünürlüğün uyumlu olması önemlidir.

Elde edilen veriler ile santralin işletme ömrü göz önünde bulundurularak uygun yöntemlerle geleceğe yönelik projeksiyonlar yapılmalı mümkün ise uzman kurumların projeksiyonları kullanılmalıdır. Bu çerçevede özellikle SSG-18 kodlu güvenlik kılavuzunda belirtilen meteorolojik ve hidrolojik olaylar iklim değişikliğinin olası etkileri göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir [35].

Yer araştırmaları ve yer seçimi aşamalarında genel yaklaşım yer değerlendirmesi öncesinde elde edilen verilerle güvenilir sonuçlar olarak ihtiyaçlara ve sahalara dair belirsizliklerin azaltılması olarak tarif edilebilir. Bunun için güvenilir verilerin toplanması önemlidir. Burada ihtiyaç duyulan güven aralığı iyi belirlenmeli ve harcanacak emek ve zaman buna

göre planlanmalıdır. Burada karar verici, analist ve teknik ekip arasında iyi bir koordinasyon gerekmektedir. Yukarıda da bahsedildiği gibi tüm veri sistematik, şeffaf, geri dönülebilir ve takip edilebilir bir yöntemle toplanmalı, kalite yönetimi ve veri yönetimi standartları gözetilmelidir. Bunun için CBS önerilen bir araçtır [10, 36-40].

Bu süreçte kullanılması öngörülen verilere ilişkin UAEA'nın SSG-35 kodlu güvenlik kılavuzunda öneriler bulunmaktadır. Buna göre veri tabanında;

1. Jeolojik veriler
2. Hidrojeolojik veriler
3. Sismolojik veriler
4. Faydan kaynaklanan yer değiştirme
5. Volkanoloji verileri
6. Jeoteknik veriler
7. Kıyı taşkınları ve tsunami verileri
8. Nehir taşkınlarına ilişkin veriler
9. Meteorolojik veriler
10. İnsan kaynaklı dış olaylara dair veriler
11. Nüfus, arazi kullanımı, su kullanımı ve çevresel etkilere ilişkin veriler

bulunmasında fayda görülmektedir [10, 36-40].

Yer araştırmaları aşamasında, ilgili ulusal, yerel kurumlardan ve diğer organizasyonlardan mevcut veriler toplanmalıdır. Bu veriler; sahaların eleme kriterlerine göre incelenmesinde ve açıkça uygunsuz olduğu tespit edilen sahaların elenmesinde kullanılır.

Yer seçimi aşamasında, sahanın sıralama kriterleri açısından nasıl olduğuna yönelik daha detaylı bir inceleme yürütülmesi gerekir. Bu aşamanın amacı; sıralama kriterlerini kullanarak doğru bir karar vermeye olanak sağlayacak yeterli bilgi ve analizin elde edilmesidir. İlgili literatür çalışmaları ve bazı durumlarda özel saha çalışmaları gibi daha kapsamlı araştırmalar gerekebilir. Bu aşamanın sonunda, kesin bir kararın verilmiş olması beklenmektedir.

Doğal ve insan kaynaklı dış olaylara yönelik veriler sınırlı ve çeşitli değişken kalitede olduğu halde, aşağıda sıralananlar gibi bazı analizlerin yapılması beklenmektedir [10, 36-40]:

1. Uçak çarpması olasılığına ilişkin tehlikelerin analizi;
2. Önerilen sahanın yakınlarında bulunan endüstriyel tesislerin etkilerinin analiz edilmesi, örneğin, sahayı etkileyebilecek yangınlar, kimyasal patlamalar, havaya yayılan sahayı etkileyebilecek tehlikeli maddelerin dağılımı;
3. Yerel fayların yer değiştirme kapasitelerinin analiz edilmesi;
4. Sahadaki sismik kaynaklı sıvılaşma potansiyelinin tahmin edilmesi;
5. Söz konusu nükleer tesise uygun dönüş periyodunu kapsayan, olağandışı meteorolojik olaylar ve taşkınlar için tehlike eğrilerinin oluşturulması, örneğin rüzgâra bağlı olarak yağış, sıcaklık, deniz ve nehir taşkınları vb.

Bu aşamada verilen kararlar, değerlendirme sürecinde yapılacak analizlerde ve saha etütlerinde kaba hata doğurmayacak şekilde doğruluğa sahip olmalıdır.

4. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE KARAR DESTEK KAVRAMI

4.1. Coğrafi Bilgi Sisteminin Fonksiyonları

1980’li yıllardan itibaren CBS konuma dayalı verilerin temini, yönetimi, analizi ve çıktı üretiminde önemli bir araç olarak kullanılmaktadır [41]. Tüm bu işlevlerin yanı sıra konuma dayalı analiz kabiliyeti sayesinde yer seçimi, doğal kaynakların yönetimi, şehir ve bölge planlama, afet yönetimi ve kıyı yönetimi gibi pek çok alanda karar destek aracı olarak da kullanılmaktadır [42-43].

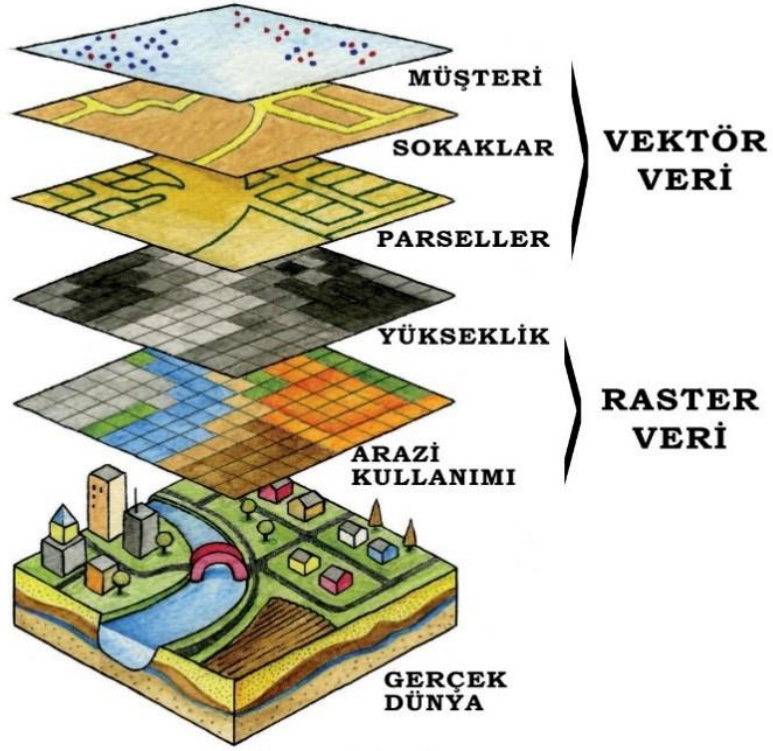
Burrough’a göre:

“CBS araç, yönetim ve sistem olmak üzere üç yaklaşımla irdelenebilir. Buna göre CBS, bilgi teknolojisine dayalı bir veri toplama, işleme ve sunma aracı olarak veya yoğun, karmaşık ve konuma dayalı bilgilerinin etkin bir şekilde denetlenebildiği bir yönetim tarzı veya coğrafi verilerin daha verimli kullanılmasına olanak sağlayan bir sistem ya da bunların bir bütünü olarak algılanabilir [44].”

CBS’ni diğer sistemlerden ayıran en büyük özelliği konuma dayalı analiz yeteneğidir. Benzer şekilde otomasyon sağlamak üzere tasarlanan sistemlerin kabiliyetlerine ek olarak CBS ile konuma dayalı verilerden yeni bilgiler üretilebilir, konuma dayalı olan ve olmayan veriler arasında etkileşim sağlanabilir [45]. CBS’nin işlevsel olabilmesi için beş ana bileşenin bir arada bulunması gerektiği değerlendirilmektedir. Bunlar CBS’nin bileşenleri olarak da isimlendirilen donanım, yazılım, veri, kullanıcı ve yöntemlerdir [46].

Bir CBS projesinde veri en önemli ve vazgeçilmez bileşen olup sistemin özünü oluşturur. Konuma dayalı olan ve olmayan olarak iki özellikte ver bulunur. Konuma dayalı veriler gerçek dünyada bulunan nesnelerin sayısal ortamdaki temsili olarak ifade edilebilir. Bu verilere örnek olarak ağaçlar, nehirler fay hatları gibi doğal nitelikli, yollar, binalar, enerji nakil hatları gibi insan yapımı ve idari sınırlar gibi yeryüzü özelliklerini temsil etmeyen ancak insan yaşamında ve harita ilişkili uygulamalarda etkisi olan nesnelere gösterilebilir. Konuma dayalı olmayan veriler ise tanımlayıcı bilgilerdir ve bir parselin sahipleri, ağaç türleri, depremlerin büyüklükleri, bir idari birimin nüfusu gibi coğrafi varlıklara dair bilgilerden oluşur. Bu veriler “öznitelik” olarak adlandırılır. [47].

Geometrik veriler vektör ve raster tiplerinde depolanabilir. Vektör veriler, nesnelerin kesin konumlarını tanımlar ve nokta, çizgi, alan gibi geometrik şekillerle tanımlanır. Raster veriler ise pikseller ile tanımlanır. Bu verilerin hassasiyeti piksel veya hücre boyutu ile orantılıdır. Veri tiplerine örnekler Şekil 12’de verilmiştir [47-48].



Şekil 12. Vektör ve raster verilere örnekler

Maguire tarafından önerilen akış şemasına göre verilerin bir mantık dizisine göre işlenmesi 10 ana adımdan oluşur. Bu adımlar:

1. Toplama (Capture)
2. Aktarma (Transfer)
3. Doğrulama ve düzenleme (Validate and edit)
4. Depolama ve yapı (Store and structure)
5. Yeniden yapılandırma (restructure)
6. Genelleştirme (Generalize)
7. Dönüştürme (Transform)
8. Sorgulama (Query)
9. Analiz (Analyse)
10. Sunum (Present)

olarak tanımlanmıştır [47].

4.2. Konuma Dayalı Karar Destek Sistemleri ve CBS

Karar verme süreçlerinde kullanılmak üzere literatürde pek çok yöntem mevcuttur. Bunlardan biri de karar analizi literatüründe genel olarak kabul gören Simon tarafından temellendirilen yaklaşımdır. Simon karar verme sürecini üç aşamada incelemiştir. Bu aşamalar:

1. Bilgi (Intelligence) (Problemin tanımlanması)
2. Tasarım (Design) (Seçeneklerin oluşturulması)
3. Seçim (Choice) (En iyi seçeneğin seçilmesi)

olarak tanımlanmıştır [49].

İş yaşamında kullanılan verilerin yaklaşık %75'inin konuma dayalı bilgi içerdiği ve alınan kararların %80'inin konuma dayalı referanslar çerçevesinde içerdiği tahmin edilmektedir. Karar vericiler için artık konuma dayalı verilerin yorumlanması ve karar süreçlerine dâhil olması kaçınılmazdır [50].

Karar destek sistemleri esas olarak karar vericinin elindekileri daha kolay anlaşılır ve analiz edilir şekilde sunmak için tasarlanmıştır. Konuma dayalı karar destek sistemleri ise karar verici bir gerçek kişiye destek için tasarlanmış olan ve konvansiyonel veriler, konuma dayalı veriler ve bir karar kuralını barındıran bilgisayar temelli sistemlerdir [51].

Densham konuma dayalı karar destek sistemlerinin kabiliyetlerini 4 başlıkta tanımlamıştır. Bunlar:

1. Konuma dayalı veri girişini mümkün kılmak
2. Konuma dayalı ilişki ve yapıların temsilini ve sunumunu mümkün kılmak
3. Konuma dayalı ve coğrafi analizler için analitik teknikler barındırmak
4. Haritalar dahil olmak üzere konuma dayalı veriler için çıktı üretimi sağlamaktır [52].

Bu kabiliyetlerin yanı sıra konuma dayalı karar destek için üç bileşen gereklidir. Bunlar:

1. Konuma dayalı veri tabanı ve veri tabanı yönetim sistemi
2. Analitik modelleme kabiliyetleri ve analiz süreçleri için model temelli bir yönetim sistemi
3. Tüm bunları görüntüleyip çıktı sağlayacak bir kullanıcı ara yüzü [53].

Bu çerçevede Bölüm 4.1'de açıklanan kabiliyetleri sayesinde CBS konuma dayalı karar desteği için çok kullanışlı bir araçtır. Benzer şekilde uzun vadeli, pek çok değişkene bağlı ve karmaşık karar problemlerinde karar vermede çok kriterli karar analizi (multi criteria

decision analysis) teknikleri kullanılır. Dolayısıyla konuma dayalı karar destek sistemleri çok kriterli karar analizi ve CBS'nin bileşkesi olarak tanımlanabilir.

4.3. Çok Kriterli Karar Analizi ve Karar Kuralları

Çok kriterli karar problemlerinin bileşenleri üç başlıkta tanımlanabilir bunlar; karar verici, karar alternatifleri ve kriterlerdir [54]. Çok kriterli karar problemleri genellikle geniş bir uygulanabilir seçenek yelpazesi ile çoklu ve birbiriyle 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 [43].

Çok kriterli karar problemleri, karar analizi bileşenlerine göre üç ayrı kategoride sınıflandırılabilir. Bunlar:

1. Çok amaçlı karar analizi veya çok öznitelikli karar analizi
(Multi-objective decision analysis versus multi-attribute decision analysis)
2. Karar vericinin birey olması veya grup olması
(Individual versus group decision-maker)
3. Kararın belirlilik altında veya belirsizlik altında verilmesidir [57].
(Decision under certainty versus decision under uncertainty.)

Ölçülebilir ve değerlendirilebilir kriterler karar analizinin temelini oluşturur. Konuma dayalı karar problemlerinde coğrafi varlıklara dair nicel ve nitel öznitelikler veya coğrafi varlıkların ilişkileri önemlidir. Bu sebeple çok kriterli karar analizi veri odaklıdır [57].

Problemlerin çözüm süreçleri üç yaklaşım içerir. Bunlar:

1. Değer ölçeklendirme veya standartlaştırma (Value scaling or standardization)
2. Kriterleri ağırlıklandırma (criterion weighting)
3. Birleştirme kuralı veya karar kuralını belirlemedir [55].

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 [56].

Literatürde pek çok karar kuralı veya birleştirme yöntemi bulunmakla birlikte yaygın olarak;

1. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme (Weighted Linear Combination)
2. TOPSIS yöntemi
3. ELECTRE yöntemi
4. Analitik Hiyerarşi Yöntemi
5. Değer/fayda fonksiyonu temelli yaklaşımlar uygulama alanı bulmaktadır [43].

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 [43]. 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 (weighted linear combination) seçilmiştir.

4.4. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme Yöntemi

Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi sıklıkla arazi kullanımı, yer seçimi ve kaynak değerlendirme çalışmalarında kullanılmaktadır. Sık başvuru alan bir yöntem olmasının temel sebebi harita uygulamaları ve kartografik modellemeler ile CBS ortamında kolay uygulanabilir olmasıdır [56,59]. Buna rağmen bu yöntem sıklıkla bileşenleri karar verici tarafından tam anlaşılmadan uygulanmaktadır. Yöntemin iki önemli bileşeni kriterlere atanan ağırlıklar ve bu kriterlerden türetilen tematik öznelik haritalarının ölçülerinin eşit, ölçekli ve oranlı olmasıdır [58].

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 [58].

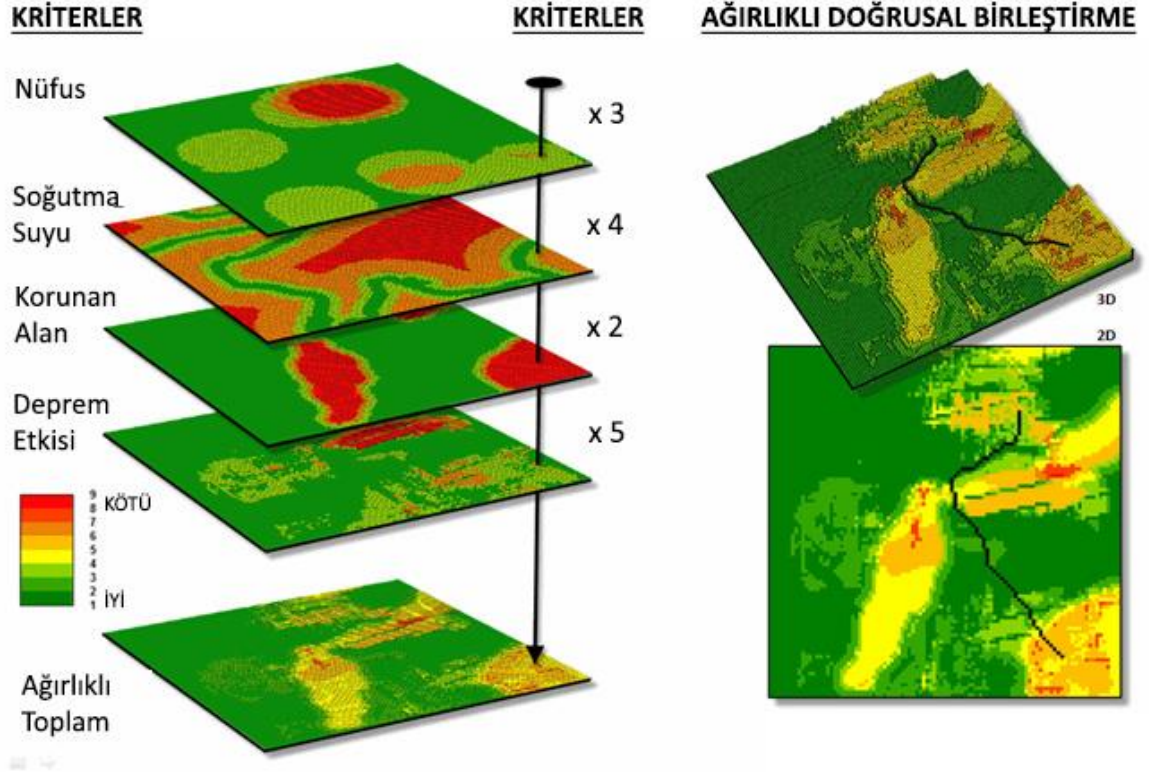
$$A(i) = \sum_{j=1}^N a(i,j)w(j) \quad i = 1,2,3, \dots,$$

$A(i)$: Her bir seçeneğin (i) ağırlıklı toplam puanı

$a(i,j)$: Kriterlere (j) göre seçeneklere atanan puanlar (i)

$w(j)$: Kriterlerin ağırlıkları

Çalışma alanının her bir kritere göre puanlanması sonucu puan haritalarının oluşması, bunların ağırlıklarla çarpılarak birleştirilmesine dayanan yöntemin uygulanmasına ilişkin örnek Şekil 13'te sunulmuştur.



Şekil 13. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yönteminde örnek uygulama [84]

Bu yöntem altı adımda tarif edilebilir bu adımlar sırasıyla:

1. Adım: Öznitelik kümelerinin belirlenmesi ve kriterlerin bu öznitelikler ile harita katmanlarında ifade edilmesi
2. Adım: Birinci adımda hazırlanan harita katmanlarının uyumlaştırılması ve uygun olabilecek seçeneklerin belirlenmesi.
3. Adım: Her bir kriter için yapılan puanlamaya göre haritaların elde edilmesi
4. Adım: Her bir kriter için ağırlıkların belirlenmesi
5. Adım: Her bir kriter için üretilen haritaların atanan ağırlıkla çarpılarak nihai puanlamanın haritalanması
6. Adım: Nihai puanlamanın haritalanması ile en yüksek puana sahip hücrelerin seçilmesi

olarak tanımlanmıştır [57-58, 60-62].

İlk adımda hedefler, değerlendirme kriterleri ve bunlara başlı 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 her tanımlanan her öznelilik kapsayıcı ve ölçülebilir olmalıdır. Aynı zamanda öznelilik bilgilerinin tam, işlevsel, ayrıştırılabilir, artıksız ve asgari seviyede olması önemlidir (complete, operational, decomposable, nonredundant and minimal) [57-58, 60-62].

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 [57-58, 60-62].

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 kritere göre dışlanan alanlar ve geriye kalan alanların puanlamaları elde edilir [57-58, 60-62].

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 derecesine doğru karar vermesi 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 [57-58, 60-62].

Beşinci adımda her bir kriter için üretilen puanlama içeren harita katmanları atanan ağırlıklar ile çarpılarak birbirleri ile toplanır. Böylelikle birleştirilmiş bir harita elde edilir [57-58, 60-62].

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. [57-58, 60-62].

5. ÇALIŞMA ALANI: BATI KARADENİZ BÖLGESİ

5.1. Bölgesel Analiz ve Çalışma Bölgesinin Belirlenmesi

Bölgesel analizler, Bölüm 3.2.3.1’de belirtildiği üzere ulusal iç politika, enerji arz güvenliği politikası, çevre politikası gibi üst ölçekli kararlar ile doğrudan ilgilidir ve nükleer santral kurulabilecek bölgeler bu kararlar ışığında belirlenir. Altyapı gereksinimleri ve teknik kısıtlamalar da göz önünde bulundurulur.

UAEA’nın NG –T-3.7 kodlu “Managing Siting Activities for Nuclear Power Plants” teknik dokümanında yer seçimi çalışmalarına başlamadan önce Nükleer Santral Parametre Seti (Nuclear Power Plant Parameter Envelope, PPE) oluşturulması tavsiye edilmektedir. Genellikle yer seçimi çalışmaları başladığında kurulacak santralin tipi / modeli bilinmediğinden santrale özel kesin parametreler bilinmemektedir. Oluşturulması önerilen PPE kesin parametreler yerine temel parametreler ışığında santral sahası seçiminde kullanılır. PPE içerisinde aşağıda sıralanan konularda bilgi bulunmalıdır [63]:

1. Nükleer santrale ihtiyaç duyan bölge veya bölgeler
2. Her bölge için ihtiyaç duyulan elektrik
3. Kullanılabilecek teknolojiler
4. Nükleer santralin güvenli ve emniyetli işletilebilmesi için gereken saha özellikleri (Örn. soğutma suyu mevcudiyeti)
5. Doğal ve insan kaynaklı olası dış olaylar
6. Sahada kaç reaktör planlandığı
7. Arazi ihtiyacı
8. Nükleer santralin bulunacağı bölgede doğal ve çevresel kaynaklara olası etkileri

Temel parametrelerin belirlenmesinin ardından sırasıyla güvenlik ve emniyet, mühendislik çözümleri, sosyo-ekonomik durum ve çevre hassasiyeti açısından değerlendirmeler yapılmalıdır. Bu değerlendirmelerde dikkate alınması gereken unsurlar aşağıda sıralanmıştır.

Güvenlik ve emniyet açısından dikkate alınması gereken konular;

1. Doğal dış olaylar (sismik etki, jeolojik olaylar, sel, su baskını, taşkın vb.)
2. İnsan kaynaklı dış olaylar (uçak çarpması, patlamalar, yangın vb.)
3. Radyolojik çevre ile ilgili karakteristikler (atmosferik dağılım, yeraltı suyuna karışma vb.)
4. Emniyet (güvenlik tehditleri, elektro manyetik etkiler)
5. Lojistik gereklilikler (elektrik, ısı kuyusu vb.)

olarak tanımlanmıştır.

Mühendislik çözümleri için aşağıdaki etkenler göz önünde bulundurulmalıdır:

1. Soğutma suyu mevcudiyeti ve yeterliliği
 - a. Doğrudan soğutma sistemleri (açık devre soğutma, once-through system); en ucuz tercih olmakla birlikte deşarj edilen suyun sıcaklığı ve ihtiyaç duyulan su miktarı diğer sistemlere göre daha fazla olmaktadır. Bu sistemde deniz suyu kullanımı tercih edilir. 1000MW gücünde bir reaktör için su ihtiyacı en az 50 m³/sn kabul edilmelidir.
 - b. Kapalı devre soğutma sistemleri (closed loop system); ıslak tip soğutma bacalarının bulunduğu sistemlerdir. Tatlı su kullanımı tercih edilir. Açık devre soğutma sistemlerine göre soğutma için daha fazla elektrik tüketen sistemlerdir. 1000MW gücünde bir reaktör için su ihtiyacı en az 2-4 m³/sn kabul edilmelidir
 - c. Kuru soğutma sistemleri, (dry-cooling system); ıslak tip kapalı devre sistemlere göre daha az su tüketmesine rağmen inşaat maliyeti oldukça yüksektir. Her reaktör için inşaat maliyetlerini ortalama %3-5 oranında artırmaktadır. Ayrıca yıllık elektrik üretiminin yaklaşık %1,5 kadarını tüketmektedir.
 - d. Hibrit sistemler; ıslak tip ve kuru tip sistemlerin birlikte kullanılması ile kurulan sistemlerdir. Islak tip soğutma kulesi ve hava soğutmalı yoğuşturucudan oluşur.
2. Talep merkezlerine yakınlık ve satış fiyatı
3. İletim altyapısının uygunluğu
4. Teknoloji alternatifleri
5. Mevcut tesislerin etkileri
6. Saha hazırlama maliyetleri
7. Birden çok ünitenin inşası
8. Fiziksel emniyet ve koruma
9. Paydaşların görüşleri
10. Ulusal / yerel düzenleyici ve yasal süreç

Benzer biçimde aşağıda sıralanan sosyo-ekonomik etkenler göz önünde bulundurulmalıdır:

1. Arazi mülkiyeti ve geleceğe yönelik arazi kullanımı planlaması
2. Bölgesel ekonomi
3. Yerel topluluklar
4. Manzara, peyzaj
5. Gürültü

Bunlara ek olarak çevre hassasiyeti olarak göz önünde bulundurulması gereken konular aşağıdaki gibidir:

1. Genel ekosistem karakteristikleri
2. Deniz yaşamı ve deniz üzerindeki etkiler
3. Karasal ekoloji
4. Tatlı su üzerindeki etkiler
5. Hava kalitesi

Yukarıda sıralanan güvenlikle ilgili konuların eleme kriterleri tanımlanırken mutlaka dikkate alınması beklenirken, maliyet, sosyo-ekonomi ve çevresel hassasiyet ile ilgili konuların esas olarak sıralama kriterleri oluşturulurken dikkate alınması tavsiye edilmektedir.

Nükleer santralin güvenli ve emniyetli işletilebilmesi için gereken saha özellikleri ile doğal ve insan kaynaklı dış olayları irdelemek adına bölgesel kriterler olarak diri faylara yakınlık, deprem etkisi, soğutma suyu mevcudiyeti ve nüfus dağılımı seçilmiştir. Bu kriterler açısından incelemeler Bölüm 5.2’de verilmiştir.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın 2015-2019 Stratejik Planı dokümanında belirtilen; optimum kaynak çeşitliliği yaratma amacının altında tanımlanan “nükleer enerjinin elektrik enerjisi üretim portföyüne dahil edilmesi” hedefi enerji üretimi ve talebi ile arz güvenliği açısından incelemelere Bölüm 5.3.’te yer verilmiştir.

Bu çalışma 1000MW üstü güce sahip, 4 reaktörlü, tercihen doğrudan soğutma sistemi kullanılacak bir basıncı su reaktörü (PWR) kurulması kabulüne göre kurgulanmıştır.

5.2. Yer Belirleme Kriterleri Açısından Araştırma

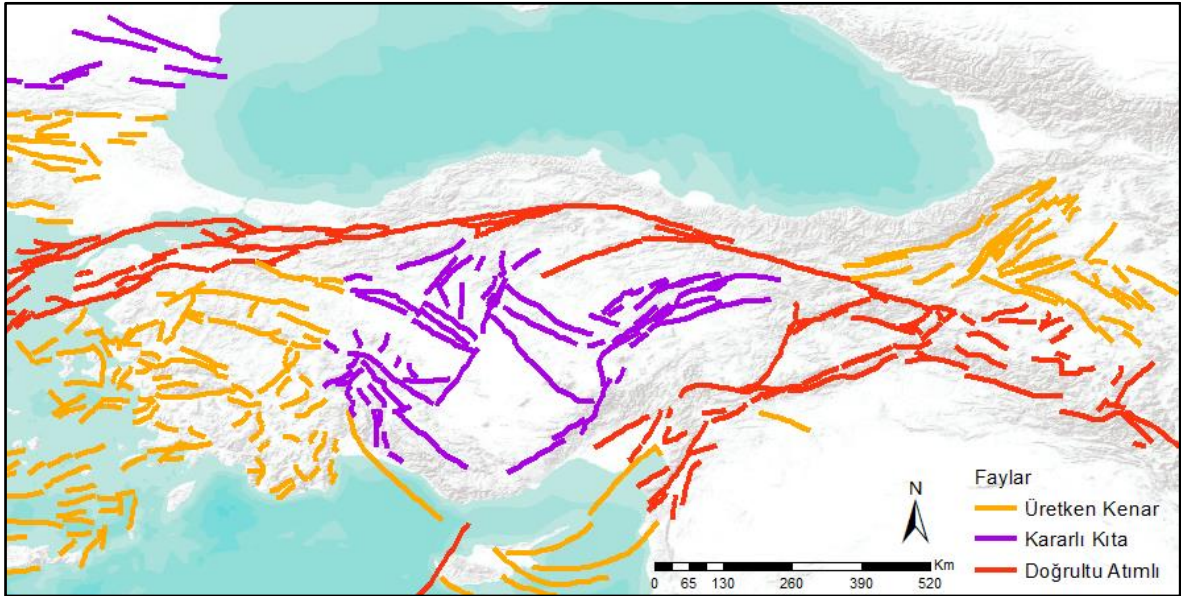
Bölge seçiminde nükleer santrallerin kurulması için uygun yerlerin belirlenmesine yönelik genel teknik gereksinimler çerçevesinde bölgesel kriterler, esas olarak pek çok çalışmada dışlama kriteri olarak belirlenen kriterler ışığında seçilmiştir. Tezde Bölüm 3.2.3.1’de tarif edilen bölgesel kriterler olarak;

1. Diri faylara yakınlık
2. Deprem etkisi
3. Soğutma suyu mevcudiyeti
4. Nüfus merkezlerine yakınlık

seçilmiştir [36, 37, 40, 64].

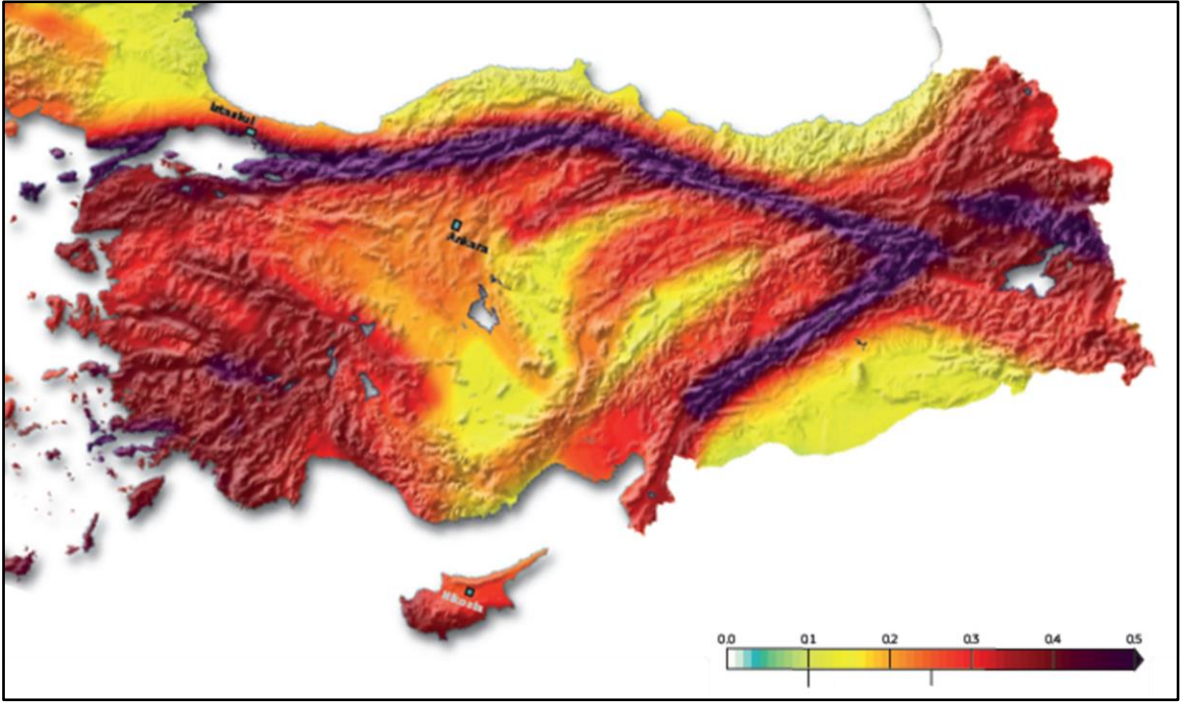
Bu kriterlerin seçiminde nükleer güvenlik açısından açıkça uygunsuzluğu gösterecek ve mühendislik çözümleri ile aşılamayacak doğal olayları ifade etmek için diri faylara yakınlık ve deprem etkisi seçilmiştir. Acil durum planlarının uygulanabilirliğini irdelemek adına nüfus merkezlerine uzaklık kriteri belirlenmiştir. Normal işletme dönemi veya olası kaza durumunda ihtiyaç duyulacak suyun mevcudiyeti ve proje uygulanmasının mümkün olmadığı doğal, kültürel, askeri koruma alanlarına uzaklık, benzer şekilde projenin uygulanmasını olanaksız kılacak veya mühendislik çözümleri ile aşılamayacak durumlar olarak kriterler arasına alınmıştır.

Diri faylar açısından bölgesel değerlendirmede veri olarak EU-FP7 SHARE projesi kapsamında sunulan açık kaynaklı veriler kullanılmıştır. Veriler ile oluşturulan harita Şekil 14’te gösterilmiştir [68].



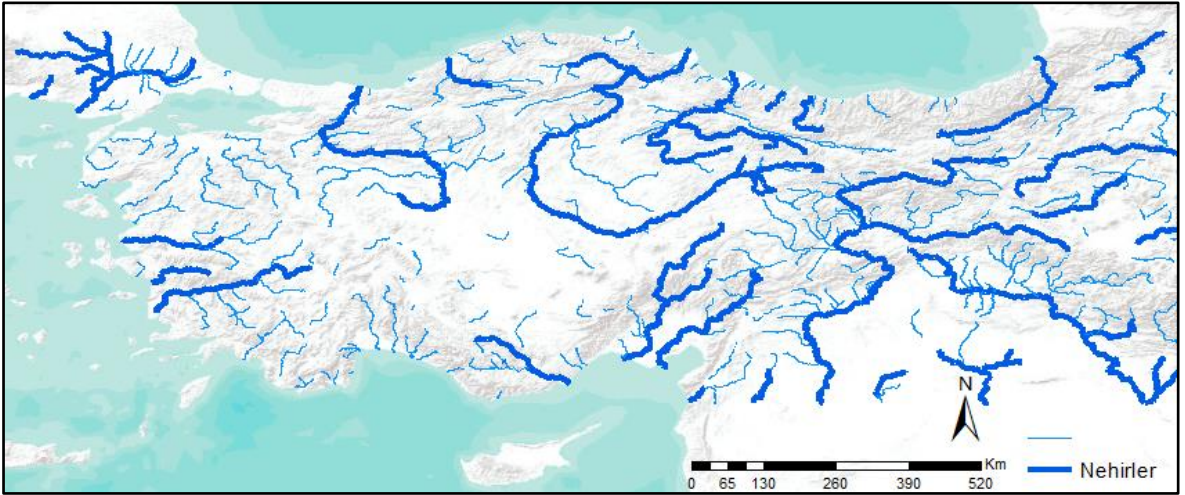
Şekil 14. Diri fayların değerlendirilmesi

Deprem etkisi açısından yapılan bölgesel değerlendirmede EU-FP7 SHARE projesi kapsamında projenin çıktısı olarak üretilen Avrupa Sismik Tehlike Haritası kullanılmıştır. Haritanın Türkiye bölümü Şekil 15’te sunulmuştur [69].



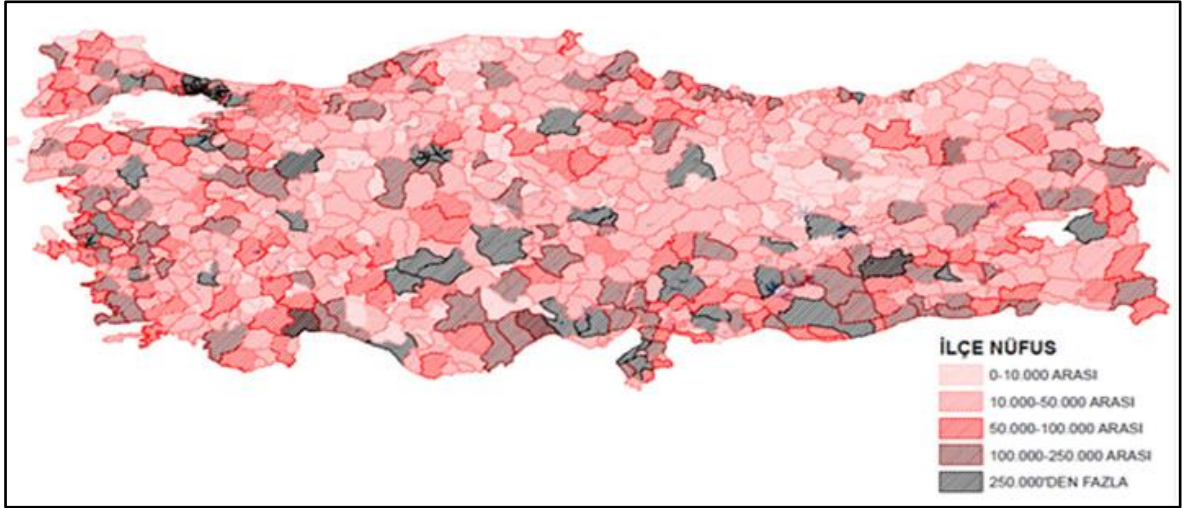
Şekil 15. Deprem etkisinin değerlendirilmesi

Soğutma suyu mevcudiyeti için Avrupa Çevre Ajansı, Euro Geographics ve Geo Community açık kaynaklı verileri kullanılmıştır. Veriler ile oluşturulan harita Şekil 16'da gösterilmiştir. Akarsular için akım verileri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından sağlanan Gözlem İstasyonları Yönetim Sistemi'nden temin edilmiştir [79].



Şekil 16. Soğutma suyu kaynaklarının değerlendirilmesi

Nüfus merkezlerine ilişkin veriler Türkiye İstatistik Kurumu'nun Resmi İstatistik Portalı'ndan alınmış ve Harita Genel Komutanlığı web sitesinden temin edilen idari sınırlar ile eşleştirilmiştir [80-81]. Veriler ile oluşturulan harita Şekil 17'de gösterilmiştir.



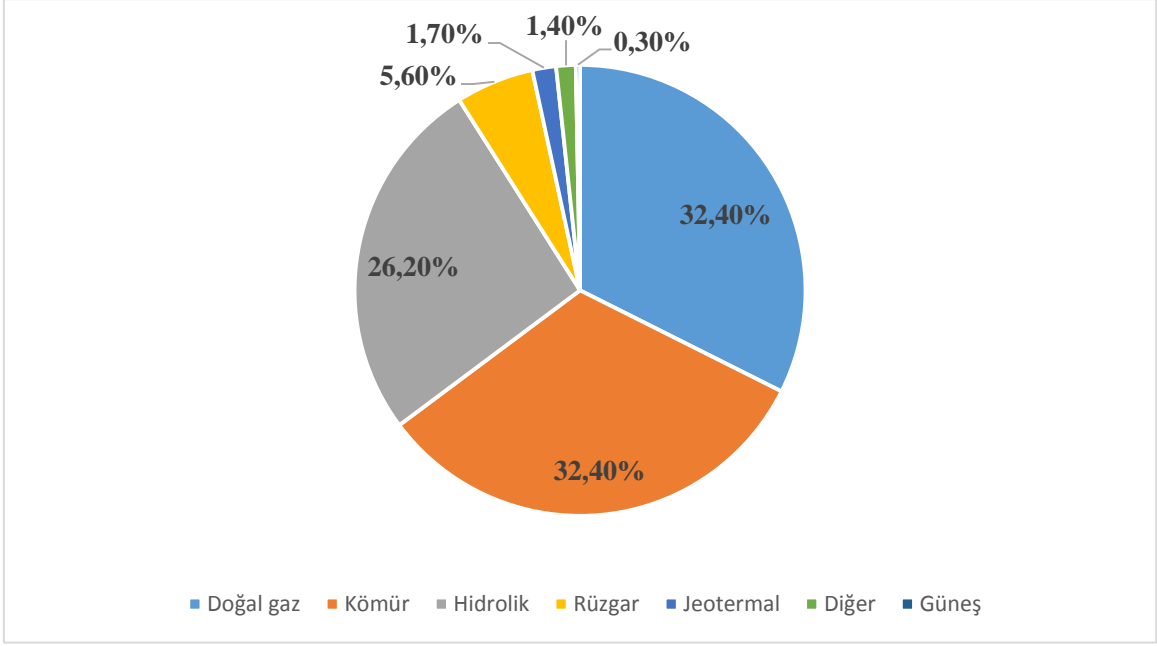
Şekil 17. Nüfus verilerinin değerlendirilmesi

Tüm bu veriler ışığında yapılan bölgesel değerlendirmede; diri faylara uzaklık, deprem etkisinin düşüklüğü, soğutma suyu kaynaklarına yakınlık ve nüfusun yüksek olduğu yerlere uzaklık gözetilmiştir. Yer belirleme kriterleri açısından Akkuyu Nükleer Santral Sahası'nın bulunduğu Akdeniz Bölgesi'nin Adana Bölümü, İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü, Sinop Nükleer Santral Sahası'nın Karadeniz Bölgesinin Batı Karadeniz Bölümü ve Marmara Bölgesi'nin Yıldız Dağları Bölümü nükleer santral kurulumu için uygun bulunmuştur.

5.3. Enerji Verileri Açısından Araştırma

Ülkemizde, ekonomik büyümenin sonucu olarak yıllık elektrik enerjisi tüketim artışı uzun yıllardan beri ortalama yüzde 5,5 seviyelerinde gerçekleşmiştir. Elektrik enerjisi talebinde 2014 yılında yüzde 4,4; 2015 yılında ise yüzde 2,7 artış olmuştur. 2002 yılında 132,6 milyar kWh olan elektrik tüketimimiz yaklaşık iki kat artarak 2015 yılında 264,1 milyar kWh'e ulaşmıştır [5].

Ayrıca 2016 Eylül ayı sonu itibariyle elektrik üretimi 203,1 kWh olarak gerçekleşmiş olup, Şekil 18'de görüldüğü üzere bu üretimin %32,4'ü doğal gazdan, %26,2'si, hidrolik kaynaklardan, %32,4'ü kömürden, %5,6'sı rüzgar enerjisinden, %1,7'si jeotermal enerjiden, %0,3'ü güneş enerjisinden %1,3'ü ise diğer kaynaklardan sağlanmıştır [5].



Şekil 18. 2016 Yılı Eylül ayı sonu itibarı ile elektrik enerjisi üretiminin birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı

TEİAŞ verilerine göre; 2017 yılı Mart ayı sonu itibarıyla ülkemizin kurulu gücü 79.178,3 MW'a yükselmiştir. Kurulu gücün yakıt cinslerine göre dağılımı Tablo 6'da verilmiştir [69]. 2016 yılında 41.503 MW olan elektrik talebinin 2026 yılında 67.827 MW olması beklenmektedir [70].

Tablo 6. Kurulu gücün yakıt cinslerine göre dağılımı

	KURULU GÜÇ	KURULU GÜÇTE PAYI	SANTRAL SAYISI
	(MW)	(%)	(ADET)
Doğal gaz + LNG	22.107,4	27,9	243
Hidrolik (Barajlı)	19.633,1	24,8	116
Yerli kömür (taş kömürü + linyit + asfaltit)	9.869,9	12,5	29
İthal kömür	7.473,9	9,4	10
Hidrolik (Akarsu)	7.232,7	9,1	486
Rüzgar	5.967,9	7,5	152
Çok yakıtlılar (Sıvı + Doğal gaz)	3.354,0	4,2	46
Güneş (lisanssız)	1.041,2	1,3	1.300
Jeotermal	850,8	1,1	32
Çok yakıtlılar (Katı + Sıvı)	667,1	0,8	23
Yenilen.+ atık + atıkısı + pirolitik yağ	494,4	0,6	84
Fuel-Oil + Nafta + Motorin	368,7	0,5	14
Termik (lisanssız)	87,8	0,1	37
Rüzgâr (lisanssız)	16,5	0,0	27
TOPLAM	79.178,3	100,0	2.601

Bu tabloya bakıldığında elektrik üretiminde ve kurulu güçte ithal yakıta bağımlı doğal gaz santrallerinin ön plana çıktığı görülmektedir. Enerji arzında dışa bağımlılığı azaltmak üzere, yeni teknolojilerin özendirilmesi, kaynak çeşitliliğinin sağlanması ve yerli ve yenilenebilir kaynakların azami ölçüde kullanılması için, özellikle tüketimin yoğun, üretimin kısıtlı olduğu ve tek kaynağa bağımlı bölgelerde nükleer santrallere yatırım yapılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

Nükleer santrallerin kurulması için uygun yerlerin belirlenmesine yönelik genel teknik gereksinimler açısından incelemelere göre ilk bulgularda öne çıkan Akkuyu Nükleer Santral Sahası'nın bulunduğu Akdeniz Bölgesi'nin Adana Bölümü, İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü, Sinop Nükleer Santral Sahası'nın Karadeniz Bölgesinin Batı Karadeniz Bölümü ve Marmara Bölgesi'nin Yıldız Dağları Bölümü'nün kurulu güç ve talep tahminleri incelenmiştir.

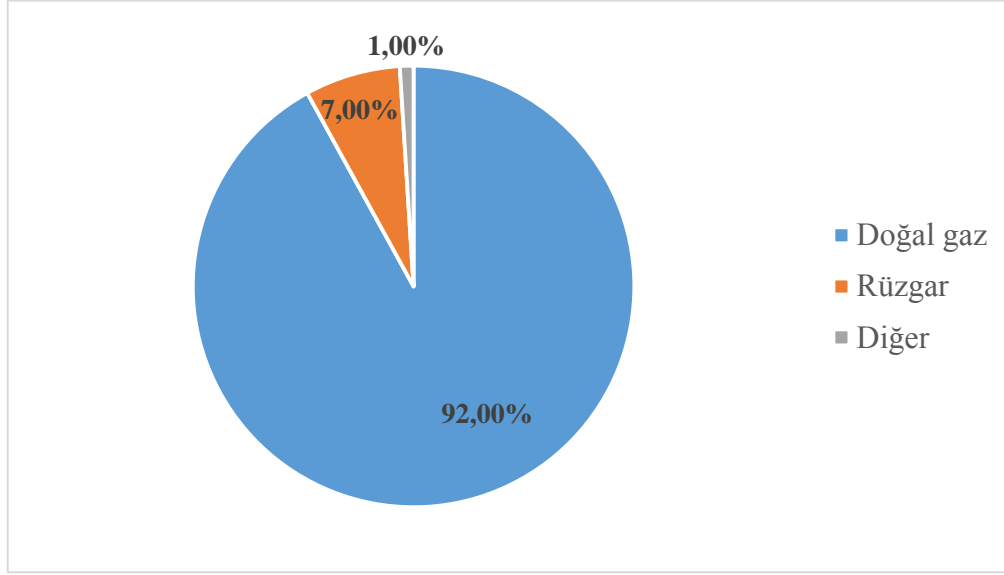
Bölge bazında mevcut kurulu güçler Tablo 7'de verilmiştir. Tabloda ilgili bölgeler koyu renk ile işaretlenmiştir [70].

Tablo 7. TEİAŞ Bölge müdürlükleri bazında mevcut kurulu güç

BÖLGE ADI	BÖLGEDEKİ İLLER	KURULU GÜÇ (MW)
1. BÖLGE	Edirne, İstanbul - Avrupa, Kırklareli, Tekirdağ	6.388
2. BÖLGE	Balıkesir, Bursa, Çanakkale	6.973
3. BÖLGE	Adapazarı, Ankara, Bolu, Düzce, İstanbul - Anadolu, İzmit, Yalova	7.263
4. BÖLGE	Aydın, İzmir, Manisa, Muğla	9.040
5. BÖLGE	Afyon, Bilecik, Burdur, Denizli, Eskişehir, Isparta, Kütahya, Uşak	3.927
6. BÖLGE	Antalya	2.069
7. BÖLGE	Amasya, Bartın, Çankırı, Çorum, Karabük, Kastamonu, Kırıkkale, Samsun, Sinop, Yozgat, Zonguldak	6.692
8. BÖLGE	Konya, Karaman	699
9. BÖLGE	Aksaray, Kayseri, Kırşehir, Nevşehir, Niğde, Sivas	1.778
10. BÖLGE	Adana, Antakya, Mersin, Osmaniye	8.223
11. BÖLGE	Ardahan, Artvin, Bayburt, Erzincan, Erzurum, Giresun, Gümüşhane, Kars, Ordu, Rize, Tokat, Trabzon	6.128
12. BÖLGE	Bingöl, Elazığ, Malatya, Tunceli	2.650
13. BÖLGE	Adıyaman, Gaziantep, Kahramanmaraş, Kilis, Şanlıurfa	8.297
14. BÖLGE	Batman, Diyarbakır, Mardin, Siirt, Şırnak	3.412
15. BÖLGE	Ağrı, Bitlis, Hakkari, Iğdır, Muş, Van	313

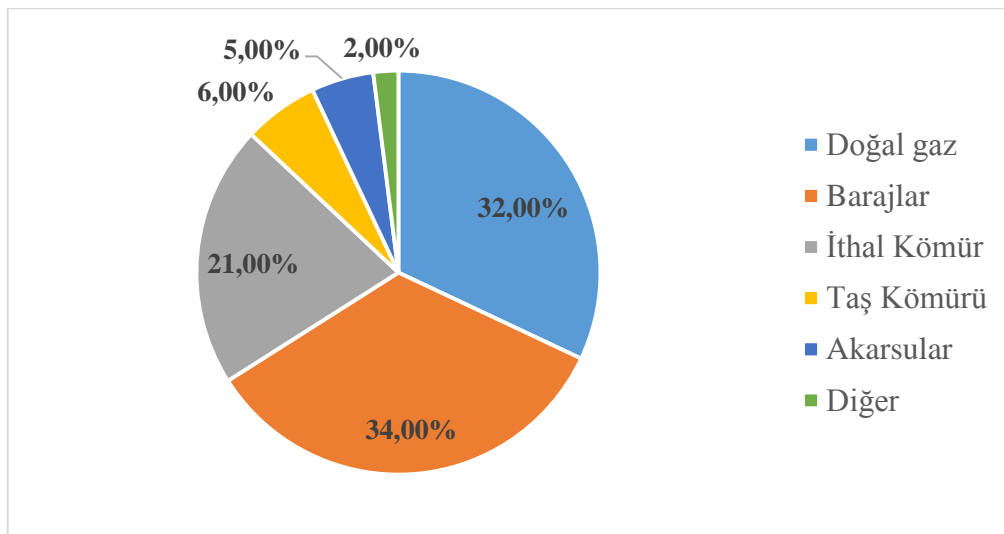
Marmara Bölgesi'nin Yıldız Dağları Bölümü'nü kapayan TEİAŞ 1. Bölgesi'nde 2016 yılı Nisan ayı itibari ile kurulu güç 6.388 MW olup, bölgedeki santrallerin kaynak türlerine göre dağılımı Şekil 19'da verilmiştir. Bölgede 2016 yılı talebi 6.296 MW olarak tespit edilmiştir. TEİAŞ Genel Müdürlüğü'nün 10 yıllık tahminlerine göre Bölgede 2026 yılı yaz puant

saatinde tahmin edilen talep 10.566 MW olup, bu değer 2026 Türkiye yaz puant talep tahmininin yaklaşık %15,6'sını oluşturmaktadır [70].



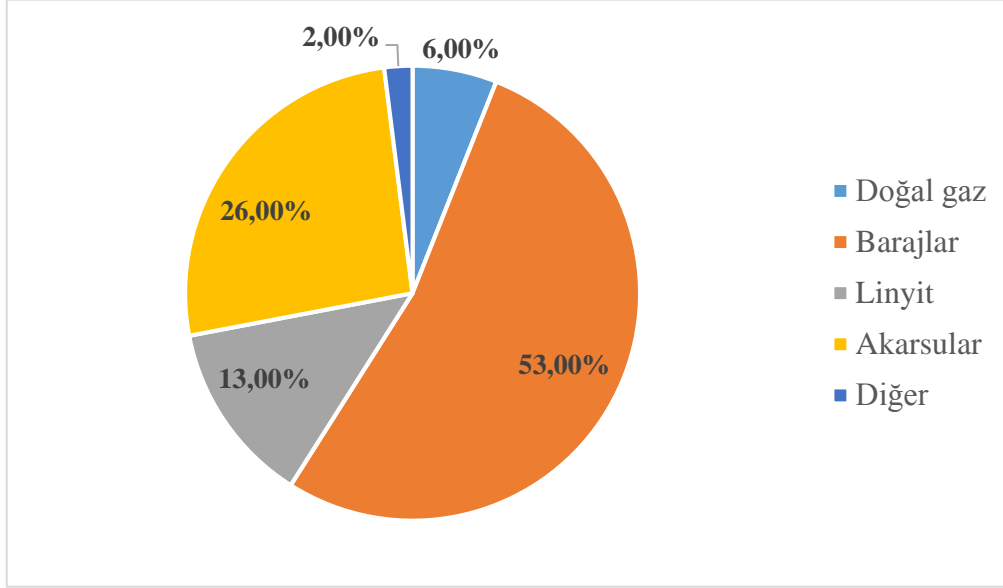
Şekil 19. 1. Bölge 2016 kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı

Sinop Nükleer Santral Sahası'nın da bulunduğu Karadeniz Bölgesi'nin Batı Karadeniz Bölümü'nü kapsayan TEİAŞ 7. Bölgesi'nde 2016 yılı Nisan ayı itibari ile kurulu güç 6.692 MW olup, bölgedeki santrallerin kaynak türlerine göre dağılımı Şekil 20'de verilmiştir. Bölgede 2016 yılı talebi 1.932 MW olarak tespit edilmiştir. TEİAŞ Genel Müdürlüğü'nün 10 yıllık tahminlerine göre Bölgede 2026 yılı yaz puant saatinde tahmin edilen talep 3.122 MW olup, bu değer 2026 Türkiye yaz puant talep tahmininin yaklaşık %4,6'sını oluşturmaktadır [70].

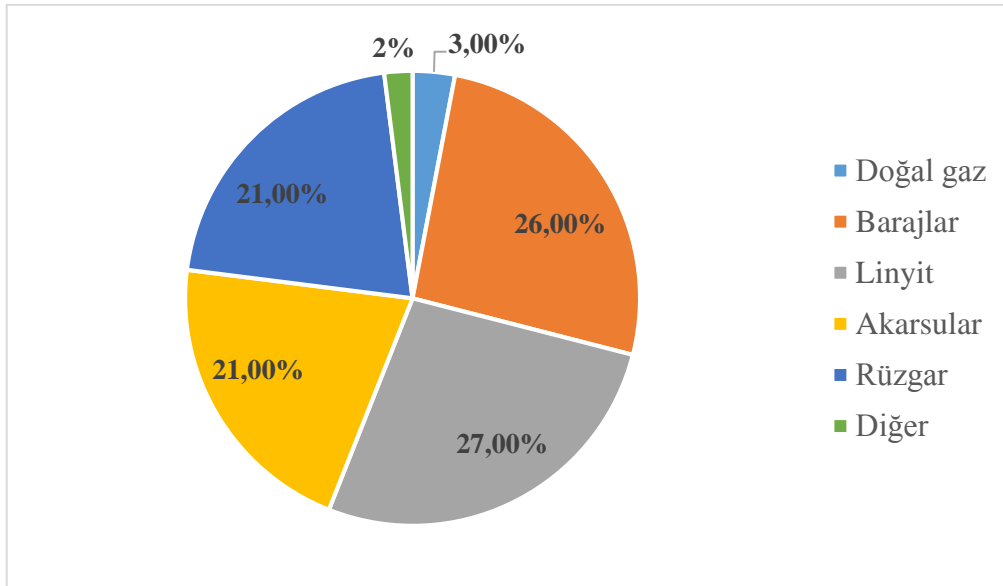


Şekil 20. 7.Bölge 2016 kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı

İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'nü kapsayan TEİAŞ 8 ve 9. Bölgelerinde 2016 yılı Nisan ayı itibari ile kurulu güç sırasıyla 699 MW ve 1.778MW olup, bölgelerdeki santrallerin kaynak türlerine göre dağılımı sırasıyla Şekil 21 ve 22'de verilmiştir. Bölgelerde 2016 yılı elektrik talebi sırasıyla 1.416 MW ve 1.324 MW'dir. TEİAŞ Genel Müdürlüğü'nün 10 yıllık tahminlerine göre bölgelerde 2026 yılı yaz puant saatinde tahmin edilen talepler sırasıyla 2.000 MW 2.060 MW ve olup, bu değerler 2026 Türkiye yaz puant talep tahmininin yaklaşık sırasıyla %2.9'unu ve %3'ünü oluşturmaktadır [70].



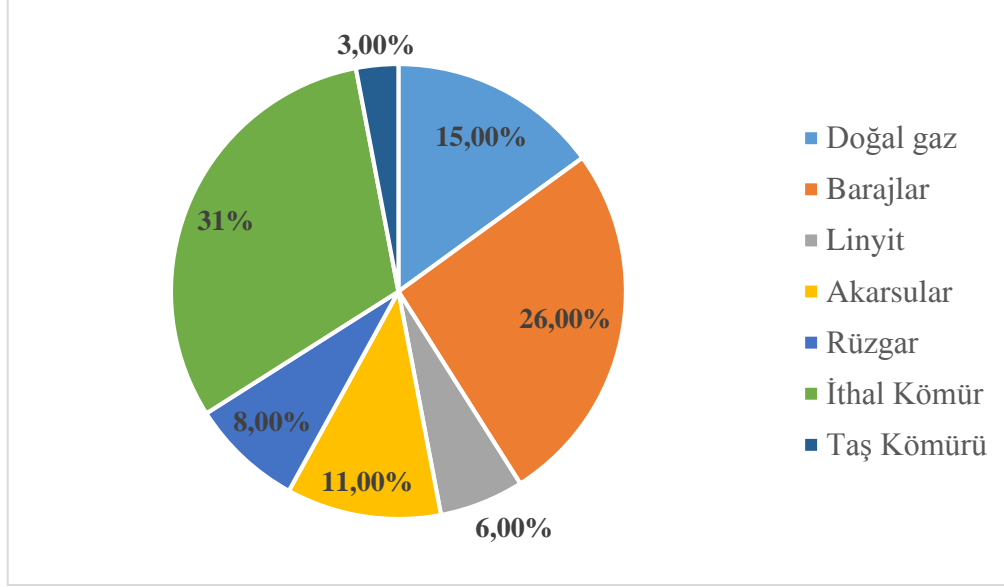
Şekil 21. 8.Bölge 2016 kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı



Şekil 22. 9. Bölge kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı

Akkuyu Nükleer Santral Sahası'nın bulunduğu Akdeniz Bölgesi'nin Adana Bölümü'nü kapsayan TEİAŞ 10. Bölgesinde 2016 yılı Nisan ayı itibari ile kurulu güç 8.223 MW olup,

bölgedeki santrallerin kaynak türlerine göre dağılımı Şekil 23'te verilmiştir. TEİAŞ Genel Müdürlüğü'nün 10 yıllık tahminlerine göre bölgede 2026 yılı yaz puant saatinde tahmin edilen talep 5.696 MW olup, bu değer 2026 Türkiye yaz puant talep tahmininin yaklaşık %8,4'ünü oluşturmaktadır [70].



Şekil 23. 10.Bölge 2016 kurulu gücünün kaynaklara göre dağılımı

Bu veriler ışında yer seçiminde öne çıkan bölgelerin enerji görünümü Tablo 8'de verilmiştir [70]. Tablo 8'den de anlaşılacağı üzere Batı Karadeniz bölgesinde kurulu güç birçok farklı kaynağa dayalı ve tüketimden fazladır. Hâlihazırdaki kurulu güç 2026 yılı tahmini talebine dahi yeterli gözükmemektedir. Bunun sebebi bölgenin büyüklüğü ve akarsular üzerindeki hidrolik santrallerin yüksek kapasitesidir. Bölge tamamen ithal bir kaynak olan doğalgaza %30'dan fazla bağımlı gözükmemektedir. Bölgede en fazla enerji tüketen sektörlerin başında gelen demir çelik ile madencilik faaliyetleri yaygın olarak yapılmaktadır. Sadece demir çelikte faaliyet gösteren entegre tesisler Erdemir ile Kardemir bile bölgenin enerji tüketim miktarını yükseltmektedir. Bölgedeki enerji tüketiminin en fazla Zonguldak ve Karabük illerinde gerçekleşiyor olması da bu durumun bir göstergesidir.

Akdeniz Bölgesi'nin Adana Bölümünde elektrik üretimi pek çok farklı kaynaktan sağlanmaktadır. Kurulu güç tüketilen elektriğin iki katından fazladır, hâlihazırdaki üretim 2026 tahmini taleplerine dahi yetmektedir. Ayrıca bölgede Akkuyu Nükleer Santrali'nin devreye girmesi ile birlikte 4800 MW ek bir kurulu güç olacaktır.

Tablo 8. Yer seçiminde öne çıkan bölgelerin enerji görünümü

YER SEÇİMİ BÖLGESİ	TEİİAŞ BÖLGE ADI	BÖLGEDEKİ İLLER	KURULU GÜÇ (MW)	2016 TALEP (MW)	2026 TAHMİN (MW)	KAYNAKLAR
Trakya	1. BÖLGE	Edirne, İstanbul - Avrupa, Kırklareli, Tekirdağ	6388	6296	10566	Doğalgaz, Biokütle, Rüzgar
Batı Karadeniz	7. BÖLGE	Amasya, Bartın, Çankırı, Çorum, Karabük, Kastamonu, Kırıkkale, Samsun, Sinop, Yozgat, Zonguldak	6692	1932	3122	İthal Kömür, Hidroelektrik, Doğalgaz, Taş Kömürü, Biokütle, Rüzgar, Nükleer (Yapım Aşamasında)
İç Anadolu Bölgesi Konya Bölümü	8. BÖLGE	Konya, Karaman	699 + 1778 = 2477	1416 + 1324 = 2740	2000 + 2060 = 4060	Hidroelektrik, Linyit, Rüzgar, Doğalgaz, Biokütle, LNG
	9. BÖLGE	Aksaray, Kayseri, Kırşehir, Nevşehir, Niğde, Sivas				
Akdeniz Bölgesi Adana Bölümü	10. BÖLGE	Adana, Antakya, Mersin, Osmaniye	8223	3481	5696	Hidroelektrik, İthal Kömür, Taş Kömürü, Linyit, Doğalgaz, Rüzgar, Biokütle, Nükleer (Yapım Aşamasında)

İç Anadolu'nun Konya Bölümü'nde kurulu güç ve talep miktarı birbirine oldukça yakındır. 2026 tahmini taleplerine göre bölgede elektrik talebi yaklaşık iki katına çıkacaktır. Bölgede pek çok farklı kaynak elektrik üretimi için kullanılmakla birlikte, çevre bölgelerdeki aşırı üretim göz önüne alındığında kurulu gücün düşüklüğü telafi edilebilir gözükmektedir.

Marmara Bölgesinin Yıldız Dağları Bölümü'nü barındıran Trakya bölgesinde ise kurulu güç ile elektrik talebi birbirine çok yakın olmakla beraber kurulu gücün neredeyse tamamı doğal gazla dayalıdır. Bölgede Bulgaristan ve Yunanistan'a iletim hatları bulunmakla birlikte Anadolu'dan bölgeye elektrik iletimi İstanbul boğazından geçen hatlarla sağlanmaktadır.

İletim esnasındaki kayıplar düşünüldüğünde üretim yoğun olan bölgelerde kurulu gücün daha da artırılmasının dezavantaja dönüşebileceği değerlendirilmektedir.

Diğer yandan nükleer santraller kapasite faktörlerinin %90 civarı olması nedeniyle avantajlı bir alternatif baz yük santrali seçeneğidir. Enerji verileri ışığında Trakya ve Batı Karadeniz nükleer santral kurulumu açısından diğer bölgelere oranla daha uygun görünmektedir.

5.4. Batı Karadeniz Bölgesinin Seçilmesi

İlk bulgularda 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 uygun bulunmuştur.

İç Anadolu Bölgesinin Konya Bölümü kuraklık riski ve soğutma suyu kaynaklarının yetersizliği nedeniyle seçilmemiştir.

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 bu bölge seçilmemiştir.

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, Bölüm 5.2 ve 5.3'de bahsedilen veriler ışığında çalışma bölgesi olarak, 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 bölge çalışma bölgesi olarak belirlenmiştir ve Şekil 24’te işaretlenmiştir.



Şekil 24. Çalışma bölgesi

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 madencilik ve demir çelik faaliyetlerinin yoğun olduğu Zonguldak ve Karabük illerinde Türkiye ortalamasının iki katıdır. Ayrıca bölgede kurulması planlanan büyük sanayi tesisleri ile enerji talebinin artacağı düşünülmektedir. [71].

Bölgenin en önemli sorunlarından, Plansız sanayileşme ve altyapıdaki eksiklikler nedeni ile bölgedeki demir çelik tesislerinden kaynaklanan çevre kirliliğidir. Zonguldak, Karabük ve Bartın illerinde görülen öncelikli sorun hava kirliliğidir. Su kirliliği, sanayi atıkları ve toprak kirliliği de diğer önemli çevresel sorunlardır [71]. Nükleer santral “0” karbon emisyonu ile bu sorunların çözümü için temiz bir enerji yatırımı olarak değerlendirilmektedir.

Batı Karadeniz Bölgesi, hem Marmara Bölgesine hem de İç Anadolu bölgesine yakınlığı ve Karadeniz’e kıyısı bulunması sebebiyle gelişmeye çok açık bir bölgedir. Ayrıca lojistik imkanları üst seviyededir. Denizyolu, demiryolu, karayolu ve havayolu ulaşımı açısından imkanlara sahip olması bölgeyi avantajlı kılmaktadır [71].

Batı Karadeniz Bölgesi’nin nüfusu 2013 yılı Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi’ne göre 1.020.957 kişidir. Buna göre Türkiye nüfusunun %1,34’ü Batı Karadeniz Bölgesi’nde yaşamaktadır. Bölge illeri içerisinde en fazla nüfusa sahip olan il Zonguldak iken en az

nüfusa sahip olan il ise Bartın'dır. Bölge genelinde kentsel nüfus ile kırsal nüfus birbirine çok yakındır [71].

Bölge deprem etkisi açısından güneyde Kuzey Anadolu Fay Sistemi'nin etkisi altındadır ayrıca 1968 yılında meydana gelen Bartın Depremi bölgede hasara ve can kaybına neden olmuştur.

6. COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ İLE YER BELİRLEME AÇISINDAN BATI KARADENİZ BÖLGESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1. Yer Belirleme Kriterlerinin Tanımlanması ve Ağırlıkların Belirlenmesi

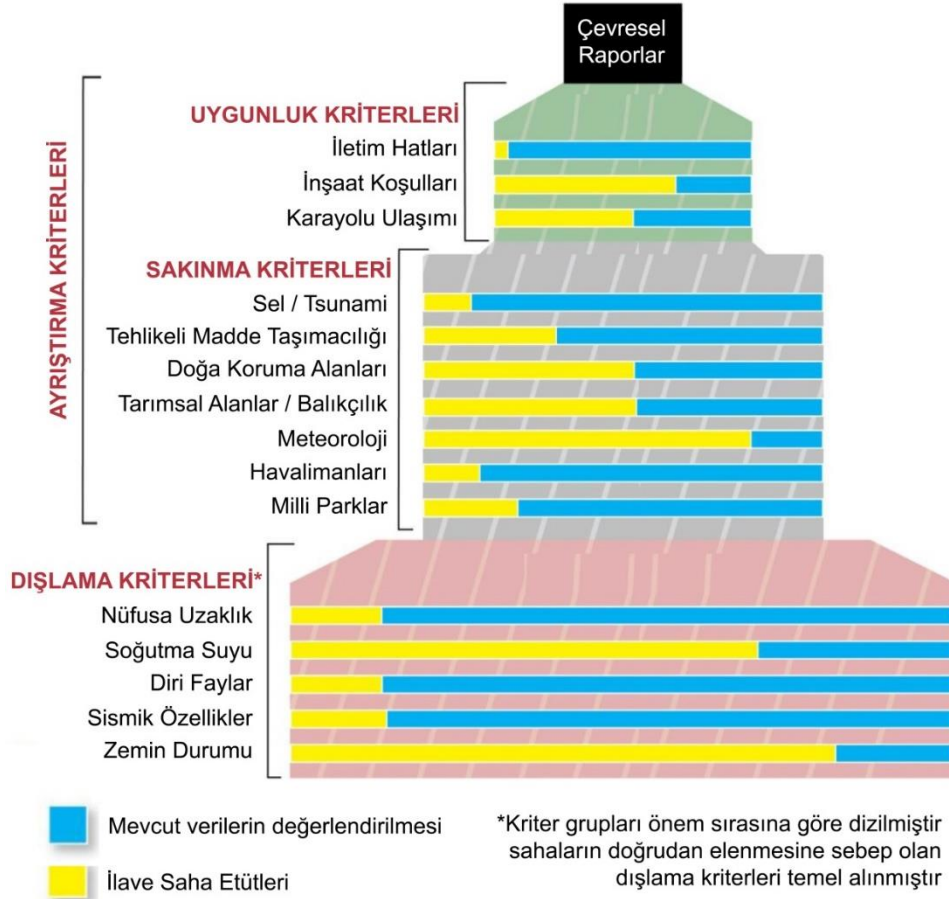
Bölüm 3.2 ve 3.3'te tanımlanan farklı aşamalarda kullanılacak kriter setlerinden bölgesel kriterler kullanılarak yapılan bölgesel analiz ve çalışma bölgesinin belirlenmesi Bölüm 5'te tamamlanmıştır. Bu bölümde ise eleme kriterleri kullanılarak Batı Karadeniz bölgesinde nükleer santral kurulmasına uygun yerlerin tespiti çalışmalarına yer verilmiştir. Çalışma bölgesi seçilen kriterlere göre ayrı ayrı puanlanmış, puanlama sonucu her kriter için tematik bir harita oluşturulmuştur ve Bölüm 4.4'te anlatılan Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemine göre bu katmanlar toplanarak uygun yerler değerlendirilmiştir.

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. Örnek olarak hangi kriterler için hangi veriler ile analiz yapılabileceği Şekil 25'te verilmiştir [34].

Bölüm 3'te irdelenen konu başlıkları ve referanslar çerçevesinde kullanılan eleme kriterleri aşağıdaki gibidir;

1. Diri fay hatlarına yakınlık
2. Deprem etkisi
3. Soğutma suyu kaynaklarının mevcudiyeti ve yeterliliği
4. Nüfus merkezlerine ve kalabalık yerleşimlere yakınlık
5. Çevresel hassasiyete sahip bölgelere yakınlık
6. Topografyanın elverişliliği
7. Santral üzerinde etkisi olabilecek tesisler

Kriterlerin belirlenmesinde güvenlikle ilgili mühendislik çözümleri ile aşılamayacak durumlardan kaçınılması gözetilmiş, yer değerlendirmesi kapsamına girecek ve saha etütleri yapılmadan anlaşılması mümkün olmayan veya veri bulunamayan konular dışarıda bırakılmıştır [10, 34, 36, 37, 40, 73].



Şekil 25. Örnek kriterler

Öncelikle her bir kriter için önem sırasına göre 1-5 arası ağırlıklar belirlenmiştir. Bölüm 3'te tanımlanan göz önünde bulundurulması gereken etmenler ve referanslar çerçevesinde atanan ağırlıklar ve açıklamaları Tablo 9'de verilmiştir.

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 aşılacak konular ile aşılması çok yüksek maliyet getirecek topografya 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.

Tablo 9. Kriterlerin ağırlıkları ve açıklamaları

Kriter	Ağırlık	Açıklama
Diri Faylar	5	Diri fayların varlığı, doğuracağı depremler ve yer hareketleri tesisin güvenliğini doğrudan etkileyeceğinden santralin yer seçimi açısından en yüksek öneme sahiptir.
Deprem Etkisi	4	Güvenli durdurma depremi genellikle en büyük yer ivmesi (g) değeri ile ifade edilmektedir. Gerçekleşmesi muhtemel en büyük deprem seviyesinde nükleer santrallerin güvenlikle ilgili yapı sistem ve bileşenlerinin fonksiyonlarını sürdürmeleri beklenmektedir.
Soğutma Suyu	4	Yoğuşturucudan ısının atılması için güvenilir su kaynaklarında ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca servis suyu sistemi, ekipman soğutma sistemi ve diğer kullanımlar için yeterli ve sürekli su kaynağının mevcudiyeti önemlidir. Öte yandan soğutma suyu sadece olağan işletme koşullarında değil aynı zamanda reaktör kapalı iken veya en kötü kaza durumlarında ısının atılması ve yangından korunma için de gereklidir.
Nüfus	3	Nüfus yoğunluğu saha özgü acil durum planlarının uygulanabilirliği ve radyasyondan korunma açısından önemlidir Ayrıca Olası bir kaza durumunda acil durumun boyutunu doğrudan etkiler.
Çevresel Hassasiyet	2	Herhangi bir yatırım yapılırken ÇED raporu hazırlanması ve olumlu kararı alınması zorunludur. Santral kurulumu için düşünülen yerlerin çevresel koruma kapsamında olması halinde yatırımın gerçekleştirilmesi mümkün olmayacaktır. Ayrıca santral sahasının uygunluğunun teyit edilmesi için yapılacak saha etütlerinin koruma alanlarından dolayı kısıtlanmaması için bu kriter önemlidir.
Topoğrafya	2	Topografik yapının reaktör güvenliği için en önemli yanı şev kararsızlığıdır. Ayrıca dağlık ve sarp alanlar inşaat faaliyetleri açısından uygun değildir. Benzer şekilde aşırı yüksek hafriyat çıkması, heyelan riski ve saha kotunun aşırı yüksek olması projeyi uygulanamaz hale getirecektir.

6.2. Diri Fay Hatlarına Göre İnceleme

Çalışma bölgesinin güneyinden geçen Kuzey Anadolu Fayı, sismik olarak dünyanın en diri faylarından birisini oluşturur. Fay hattının toplam uzunluğu yaklaşık 1500-1600 km civarında olup (bazı araştırmacılara göre 1200 km'dir), toplam atım miktarı 25 km ile 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 [75]. Saha çevresi araştırmaları en az 5 km yarıçaplı alan dahilinde yapılır. Saha araştırmaları tesis merkezli 1km²'lik alanda yapılır."

Bu mesafeler UAEA'nın SSG-9 kodlu güvenlik kılavuzu ile uyumludur [76]. Ayrıca yine adı geçen Yönetmelik'e göre:

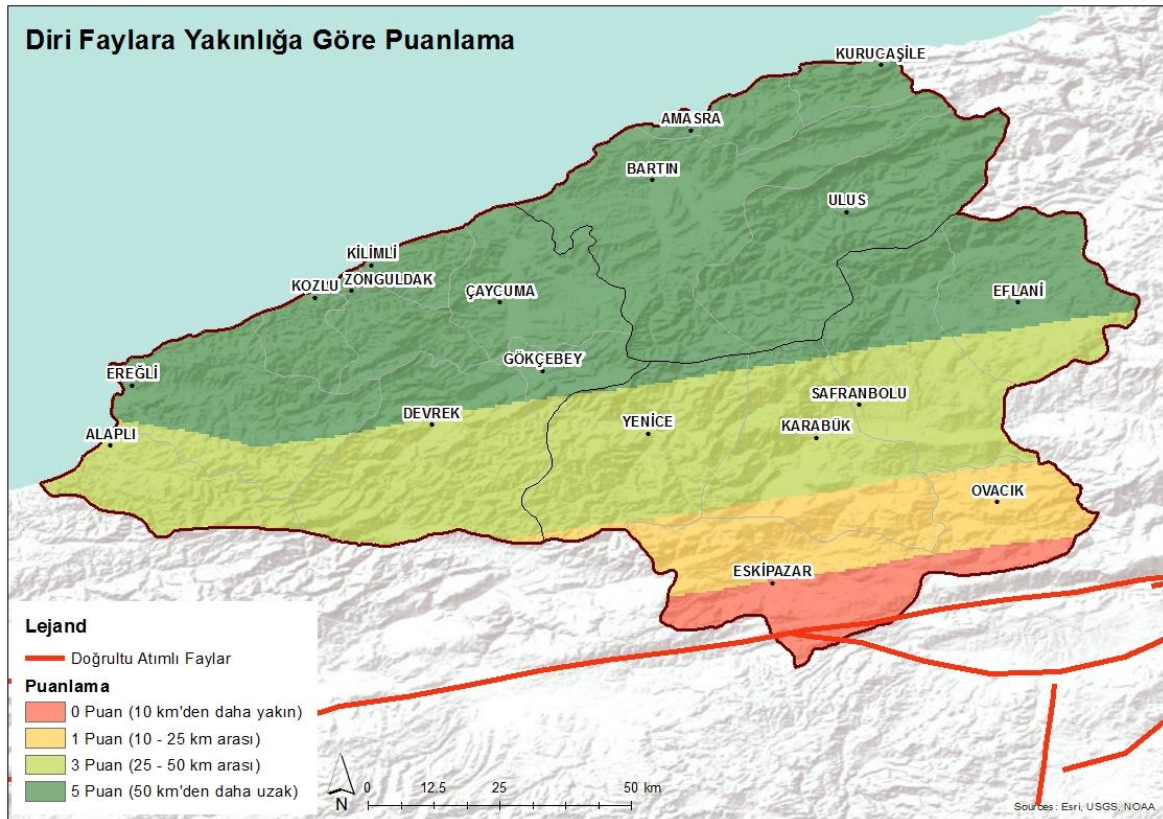
"Boyu 300 m'den uzun ve reaktör merkezli 10 km yarıçaplı alan içerisinde kalan tüm fayların yetkin olup olmadıkları saptanır. Yetkin olduğu belirlenen faylar için santrale en yakın noktasından itibaren fayın her iki ucuna doğru 15 km olmak üzere toplam 30 km uzunluğundaki hattın ayrıntılı araştırması 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 10'teki gibi yapılmıştır.

Tablo 10. Diri faylara yakınlığa göre puanlama

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

İnceleme için EU-FP7 SHARE projesi kapsamında sunulan açık kaynaklı veriler kullanılmıştır [68]. Fay hatları çizgi nesnelere ile ifade edilmiştir. Öznitelik verisi olarak fay tipleri, tektonik karakteristikleri, hangi fay zonuna dahil olduğu bulundurulmuştur. Tablo 10'daki puanlama esas alınarak fay hatları verisine Öklid Mesafesi uygulanarak 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 26'da verilmiştir.



Şekil 26. Diri faylara yakınlığa göre puanlama sonucu oluşan harita

6.3. 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 santralda, yer ivmesi değerindeki yükselmeler nedeniyle oluşan maliyet artışları aşağıdaki kalemlerde dikkate alınmaktadır [40].

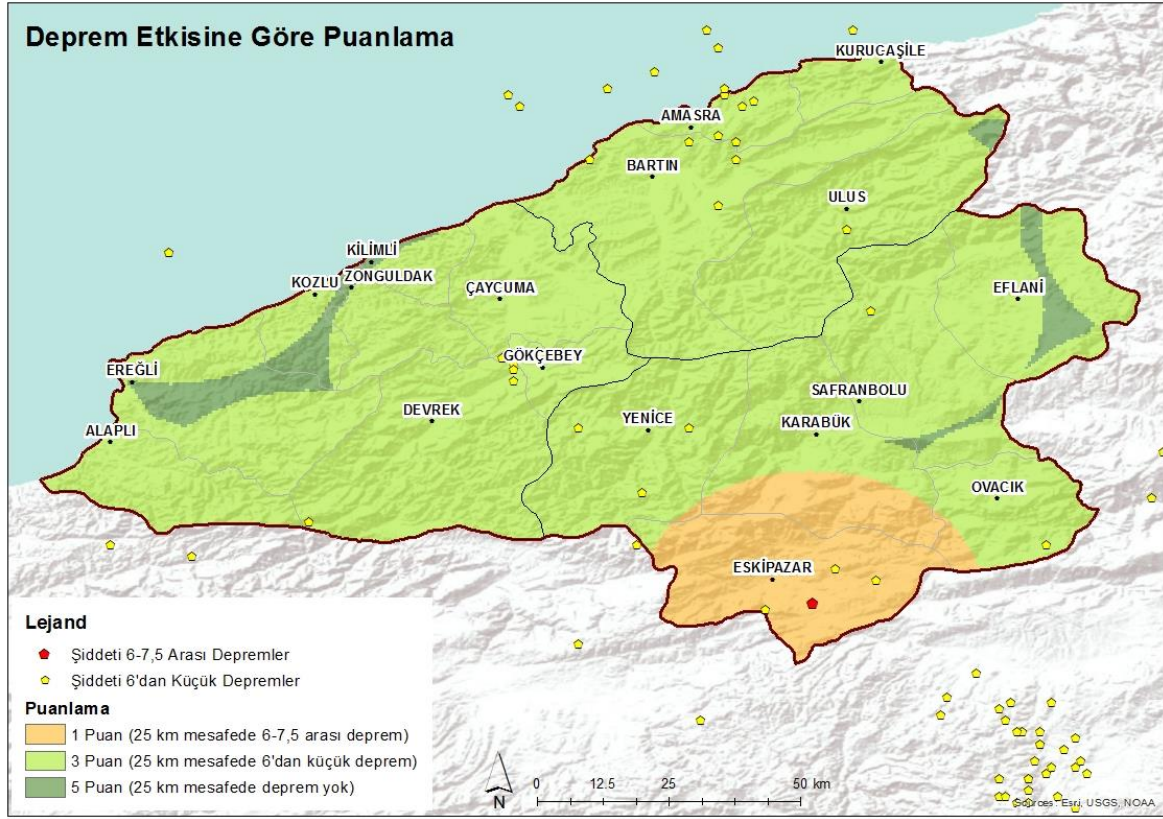
1. Saha hazırlama ve temel maliyeti,
2. İnşaat maliyeti,
3. Kazan, tank, ısı değiştirici, pompa vb.'nin dahil edildiği mekanik bileşen maliyetleri,
4. Jeneratörler, kontrol kabinleri ve motorların dahil edildiği elektrik bileşen maliyetleri,
5. Boru tesisatı, havalandırma kanalı, elektrik kanal ve hatlarının dahil edildiği mekanik ve elektrik dağıtma ve kontrol sistemlerinin maliyetleri,
6. Sismik g seviyesinin fonksiyonu olarak mühendislik maliyetleri.

Yer ivmesine göre yapılan incelemelerde EU-FP7 SHARE projesi kapsamında sunulan açık kaynaklı veriler kullanılmıştır [68]. 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 11'teki gibi yapılmıştır

Tablo 11. 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,5 şiddetinden büyük tarihsel veya aletsel deprem bulunması

Puanlama esas alınarak nokta ile ifade edilen deprem verileri şiddet verilerine göre sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılan verilere Öklid Mesafesi uygulanarak raster veri seti elde edilmiştir. Elde edilen raster veri 25km mesafeye göre sınıflandırılmış ve piksellere puan değerleri atanmıştır. Bu puanlama doğrultusunda oluşan tematik harita Şekil 27'de verilmiştir.



Şekil 27. Deprem etkisine göre puanlama sonucu oluşan harita

6.4. 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 soğurulması için de gereklidir. Soğutma suyu mevcudiyeti için Avrupa Çevre Ajansı, Euro Geographics ve Geo Community açık kaynaklı verileri kullanılmıştır.

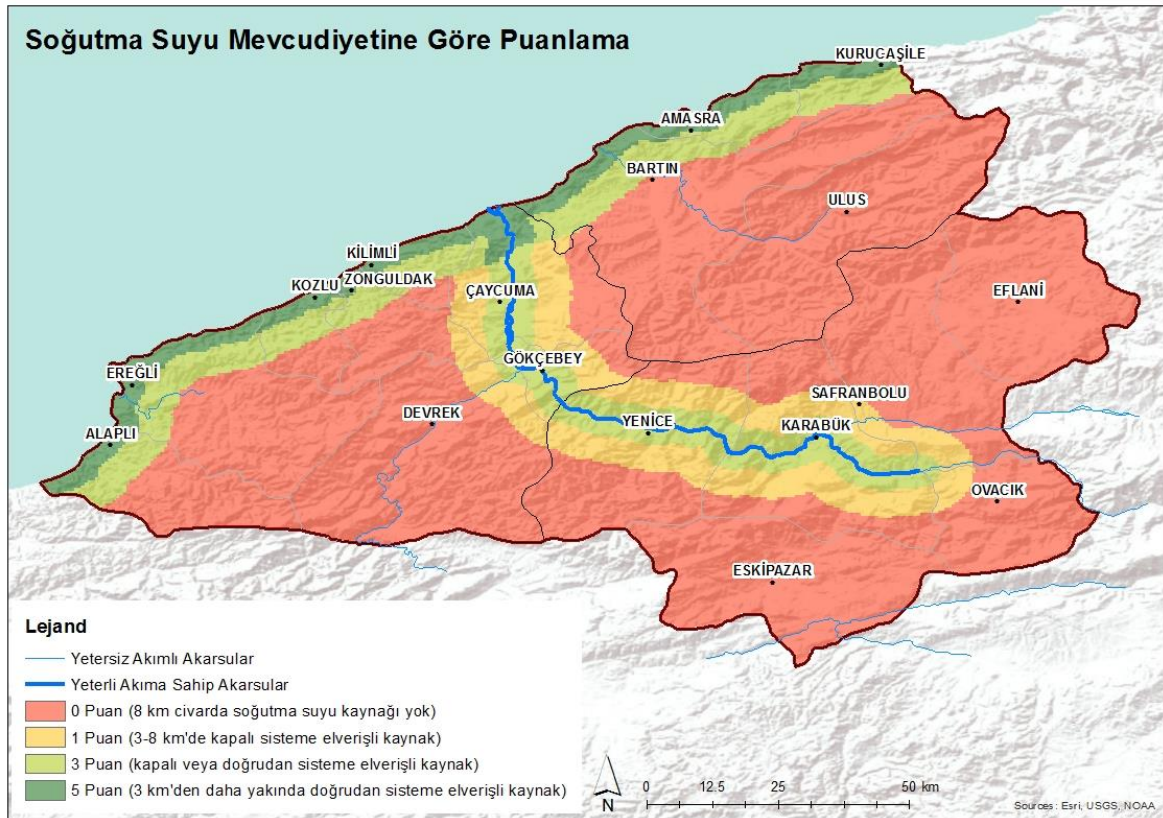
Çalışmada 1000MW üstü güce sahip, 4 veya daha fazla reaktörlü, tercihen doğrudan soğutma sistemi kullanılacak bir basıncı su reaktörü (PWR) kurulması kabulüne göre kurgulanmıştır. Su ihtiyacı reaktör başına $75 \text{ m}^3/\text{sn}$, dört reaktörlü bir santral için $300 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak hesaplanmıştır. Kapalı devre soğutmaya elverişli durumlarda 5 puan verilmemiş en yüksek 3 puan üzerinden puanlama yapılmıştır. Su ihtiyacı reaktör başına $5 \text{ m}^3/\text{sn}$, dört reaktörlü bir santral için $25 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak hesaplanmıştır.

Veri setinde soğutma suyu kaynağı olarak Karadeniz kıyı çizgisi ile ifade edilmiştir. Akarsular da benzer şekilde çizgi nesnelere ile ifade edilmiş, öznitelik bilgisi olarak akım, derinlik ve ortalama ısı alınmıştır. Bu çerçevede, puanlama Tablo 12'deki gibi yapılmıştır.

Tablo 12. 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 verilerine Öklid Mesafesi uygulanarak raster veri seti elde edilmiştir. Elde edilen raster veri Tablo 12'deki mesafelere göre sınıflandırılmış ve piksellere puan değerleri atanmıştır. Oluşan tematik harita Şekil 28'de verilmiştir.



Şekil 28. Soğutma suyu mevcudiyetine göre puanlama sonucu oluşan harita

6.5. 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 [75].

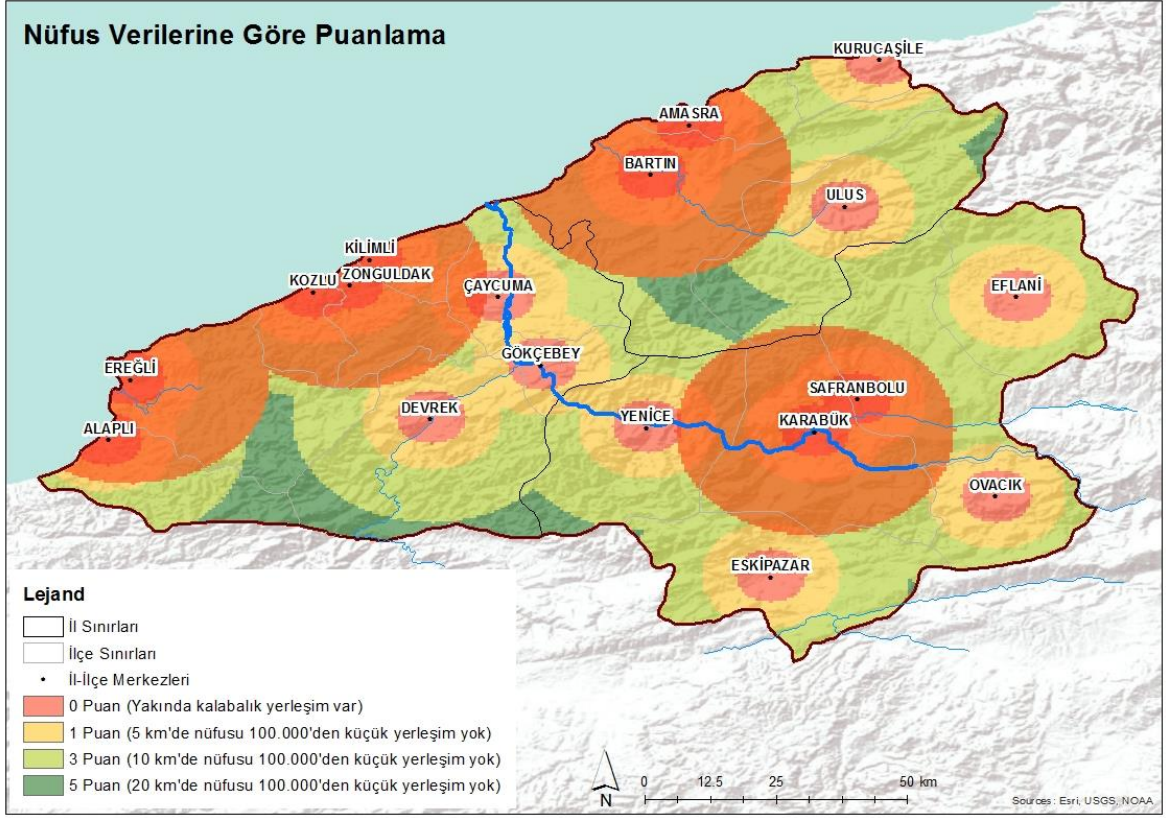
Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ve TAEK işbirliğinde hazırlanan ve Afet ve Acil durum Yüksek Kurulu onayı beklenen Ulusal Radyasyon Acil Durum Planı’nda (URAP) radyasyon acil durumlarına hazırlık kapsamında tesisler kategorilere ayrılmıştır. Nükleer santraller 1. Kategoride değerlendirilmektedir. 1. Kategorideki tesisler için olası bir acil durumda derhal tahliye edilmesi gereken İhtiyati Eylem Bölgesi 5km olarak tanımlanmıştır. Benzer şekilde İhtiyati Eylem Bölgesi öncelikli olmak kaydıyla tahliye edilmesi, güvenli tahliye mümkün değilse tahliye mümkün oluncaya kadar sığınılması 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 13’teki gibi yapılmıştır.

Tablo 13. Nüfus verilerine göre puanlama

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	5km’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 nesnelere ile ifade edilmiştir. Öznitelik bilgisi olarak şehir nüfusu, köy nüfusu, toplam nüfus bilgileri kullanılmıştır. İdari sınırların ve yerleşim merkezlerinin verisi Harita Genel Komutanlığı web sitesinden, nüfus verileri ise Türkiye İstatistik Kurumu’nun Resmi İstatistik Portalından

temin edilmiştir. Yerleşim merkezlerine merkez nüfusları dikkate alınarak Öklid Mesafesi uygulanarak raster veri seti elde edilmiştir. Elde edilen raster veri Tablo 13’teki mesafelere göre sınıflandırılmış ve piksellere puan değerleri atanmıştır. Oluşan tematik harita Şekil 29’da verilmiştir



Şekil 29. Nüfus verilerine göre puanlama sonucu oluşan harita

Bölgenin nüfusu yaklaşık 1 Milyon civarındadır. Bölge illeri içerisinde en fazla nüfusa sahip olan il Zonguldak iken en az nüfusa sahip olan il ise Bartın’dır. Zonguldak ve Bartın göç verirken Karabük ili göç almaktadır. Ancak bölgede genel eğilim göç verme yönündedir bölgedir. 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 [71].

6.6. Çevresel Hassasiyete Göre İnceleme

UAEA’nın SSG-9 dokümanında saha civarının (site vicinity) 5 km olarak tanımlanması ve benzer şekilde TAEK’in “Nükleer Güç Santral Sahalarına İlişkin Yönetmelik”inde jeolojik olaylar ve jeoteknik tehlikelerin belirlenmesine yönelik saha çevresi araştırmalarının en az 5 km yarıçaplı alan dahilinde, saha araştırmalarının ise tesis merkezli 1 km²’lik alanda

yapılacağına ilişkin hüküm uyarınca saha etütlerinde bir engel ile karşılaşılması adına korunan alanlardan 1 km uzaklıktaki bölgeler elenmiş, 1-5 km arasındaki bölgelere ise düşük puan verilmesi değerlendirilmiştir. Ayrıca nükleer santral inşaatı esnasında korunan alanlarda bir tahribat meydana gelmemesi için bu mesafelerin uygun olduğu değerlendirilmiştir.

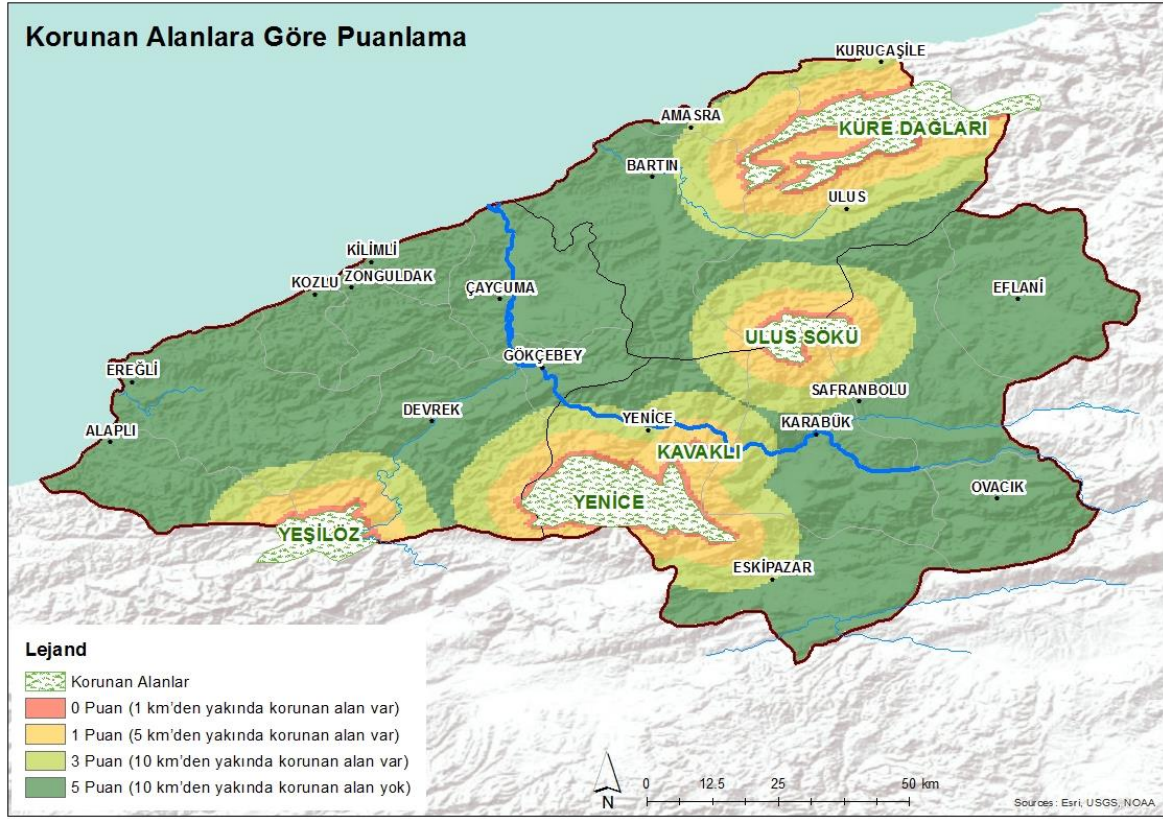
Ek olarak korunan alanlarda etüt yapılması kesin olarak yasak değildir. Tabii zemine zarar verilmeden bazı etütler yapılabilmekte, özellikle gözlem nitelikli etütler ilgili kurumun nezareti veya izni ile yapılabilmektedir.

Veri setinde korunan alanlar alan nesnelere ile ifade edilmiştir. Veriler Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü web sitesinden temin edilmiştir [77]. Öznitelik bilgisi olarak korunan alanların adları ve nitelikleri alınmıştır. Bu çerçevede, puanlama Tablo 14'deki gibi yapılmıştır.

Tablo 14. Korunan alanlara göre puanlama

Puan	Açıklama
5	10 km'den daha yakında korunan alan bulunmaması
3	10 km'den yakında korunan alan bulunması
1	5 km'den yakında korunan alan bulunması
0	1 km'den daha yakında korunan alan bulunması

Korunan alan verilerine Öklid Mesafesi uygulanarak raster veri seti elde edilmiştir. Elde edilen raster veri Tablo 14'teki mesafelere göre sınıflandırılmış ve piksellere puan değerleri atanmıştır. Oluşan tematik harita Şekil 30'da verilmiştir



Şekil 30. Korunan alanlara göre puanlama sonucu oluşan harita

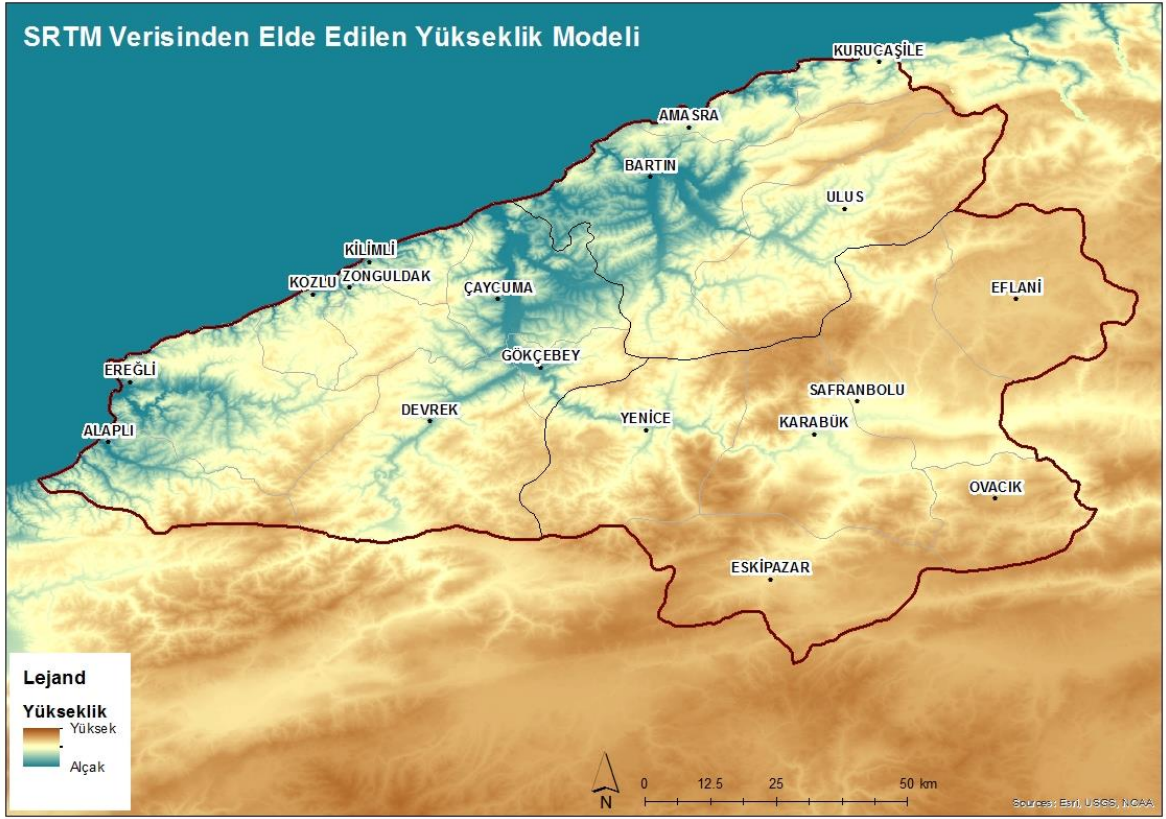
6.7. Topografyaya Göre İnceleme

İncelemede yükseklik verisi olarak Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu (U.S. Geological Survey's - USGS)'nin uydular ile elde ettiği Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) sonucu elde edilen veriler kullanılmıştır [78].

Eleme kriteri olarak topografik yapının reaktör güvenliğine etkileri göz önünde bulundurularak, Batı Karadeniz bölgesi 1 km²'lik gridlere bölünmüş ve her bir grid hücresinde ortalama eğim araştırılmıştır.

Bu amaçla .hgt formatında raster formatında indirilen yükseklik verileri ile Inverse Distance Weighted (IDW) yöntemi ile enterpolasyon yapılarak önce bölgenin sayısal yükseklik modeli çıkartılmıştır. Ardından her bir grid hücresi için ortalama eğim hesaplanmış ve tematik olarak haritalanmıştır. Haritalar Şekil 31-32'de verilmiştir.

Değerlendirme sonucunda grid hücresi içerisinde %15 ve üzeri eğime sahip bölgeler elenmiştir.



Şekil 31. SRTM verisinden elde edilen yükseklik modeli



Şekil 32. Çalışma bölgesinin eğim haritası

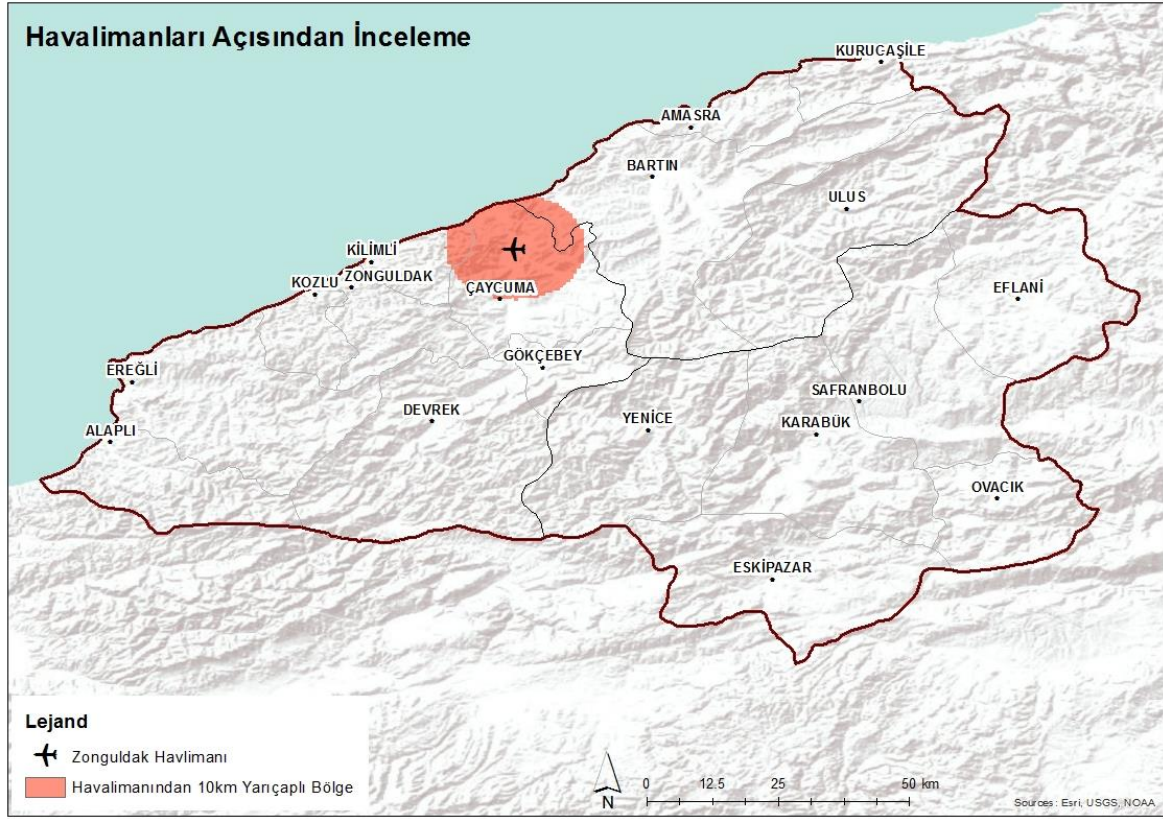
6.8. Santral Üzerinde Etkisi Olabilecek Tesisler Açısından İnceleme

TAEK'in Nükleer Güç Santral Sahalarına İlişkin Yönetmelik'ine göre öncelikle, önerilen santral sahasının içerisi de dahil olmak üzere önerilen 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 tesis merkezli 10 km yarıçaplı alan içerisinde havaalanı yapılmaz ve yakın havaalanlarının iniş kalkış güzergahları bu alan üzerinden geçirilmez. Bu çerçevede Özel Tasarım İlkeleri'ne istinaden havalimanlarının 10 km civarındaki bölgeler elenmiştir.

Yine de sağlıklı sonuçların elde edilmesi ve yer değerlendirmesi sürecinde lisanslama açısından bir sorunla karşılaşılmasını teminen bu incelemelerde 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 33'te sunulmuştur.

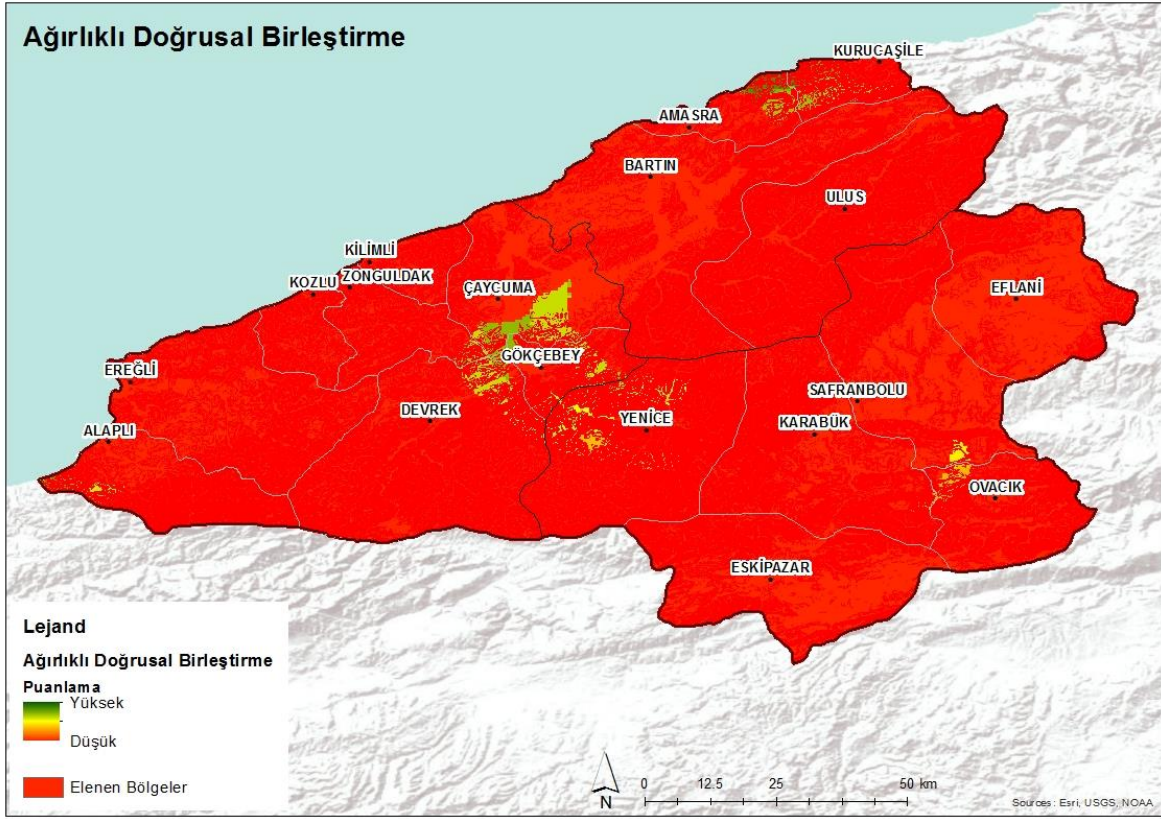


Şekil 33. Havalimanları açısından inceleme sonucu oluşan harita

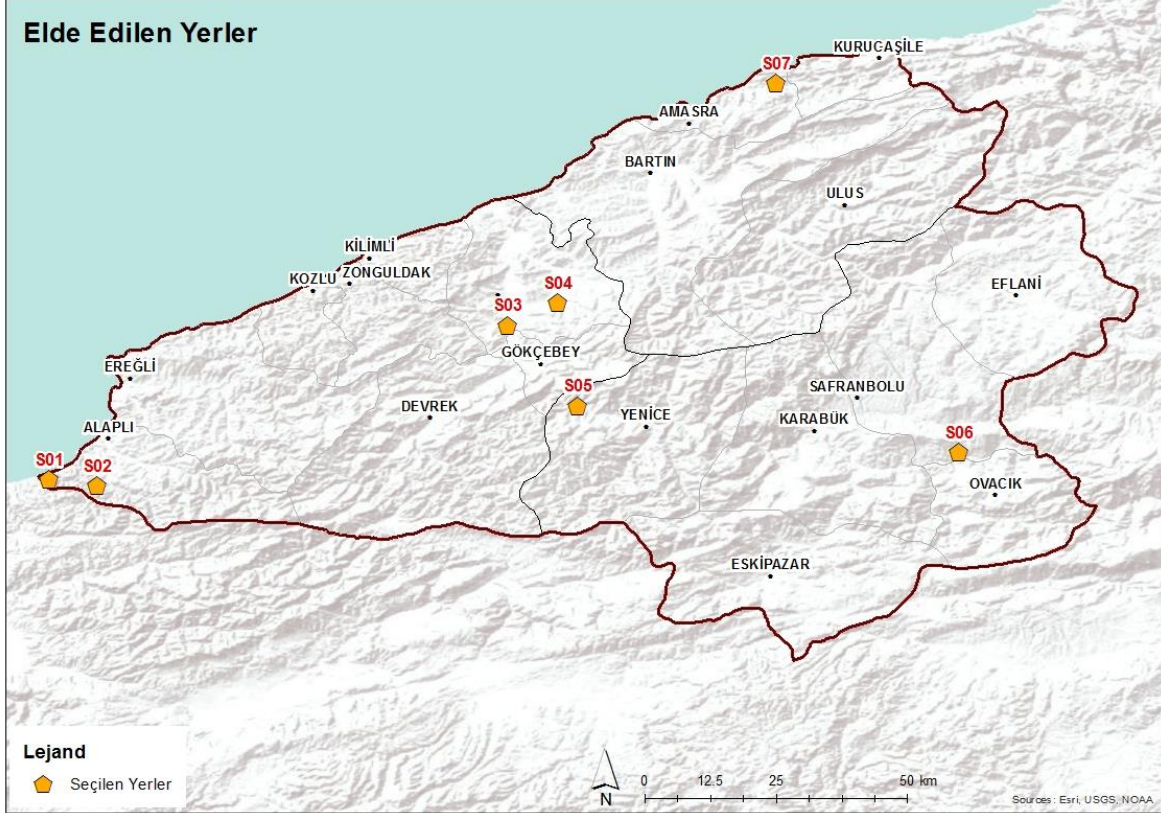
6.9. Uygulama Neticesinde Elde Edilen Bulgular

Her bir kriter için yapılan puanlama sonucu oluşan haritalar Bölüm 6.1’de belirlenen ağırlıklar kullanılarak Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi ile birleştirilmiş ve çıktı harita elde edilmiştir. Birleştirilme sonucu oluşan harita Şekil 34’te sunulmuştur.

Puanlama sonucu elenmeyen yerler uydu görüntülerinde saha boyutları, coğrafi özellikleri, ulaşım ve arazi kullanımı gibi başlıklarda incelenmiştir. İnceleme sonucunda mukayese sürecine alınması değerlendirilen 7 adet saha tespit edilmiştir. Tespit edilen sahalara saha kodları verilmiş olup sahaları gösterir harita Şekil 35’te sunulmuştur. Mukayese aşamasına alınması değerlendirilen sahalardan inceleme sonucunda aldıkları ağırlıklı puanlar Tablo 15’te verilmiştir.



Şekil 34. Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme sonucu çalışma bölgesinin haritası



Şekil 35. Elde edilen sahaları gösterir harita

Tablo 15. Saha Puanları

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

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 değerlendirilmesi gerekecektir. Bunun için de sahalarda ön etütlerinin yapılması zorunlu görünmektedir.

Tezde görüldüğü üzere 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. Proje yönetimi sürecinde önemli konular UAEA'nın NG-T-3.7 teknik dokümanında aşağıdaki gibi tanımlanmıştır [63]:

1. Disiplinler arası proje
2. Yüksek seviyeli bilimsel içerik
3. İleri ihtisas ve doğru mühendislik hükümlerinin verilmesi ihtiyacı
4. Geniş hukuki çerçeve
5. Kamulaştırma sorunları
6. Uzun erimli veri yönetimi
7. Takım oluşturma ve iletişim
8. Yüksek maliyet ve kaynak bulma
9. Farklı konulardaki düzenleyici kurumlar arasındaki ilişkiler
10. Birbiri ile ilişkili faaliyetlerin planlanması
11. Yasal durum
12. Paydaşların katılımı
13. Öğrenim ve iş başı eğitim

Proje yönetimi önemli olduğu kadar risk yönetimi, kalite yönetimi ve veri yönetimi de yer belirleme ve değerlendirme sürecinde oldukça önemlidir. Bu dönemde toplanan verilerin ve yapılan analizlerin santralin işletme ömrü boyunca erişilebilir ve sorgulanabilir olması gerekmektedir.

Yer araştırmaları ve elemanın ardından aday sahaların mukayese edilmesi ve bir saha karar verilmesi sürecinde birçok disiplinden uzmanlardan oluşacak bir ekibin çalışması gerektiği açıktır.

NG-T-3.7 teknik dokümanında ekibin teknik birimlerinde aşağıda sıralanan disiplinlerde uzmanların bulunması önerilmektedir [63]:

1. Demografi ve nüfus dağılımı
2. Meteoroloji
3. Hidroloji ve hidrojeoloji
4. Çevresel izleme ve çevresel etki değerlendirilmesi
5. Jeoloji
6. Sismoloji
7. Volkanoloji
8. Geoteknik (Zemin ve zemin malzemelerinin özellikleri)
9. İnsan kaynaklı dış olayların değerlendirilmesi
10. Emniyet
11. Acil durum planlamasının fizibilitesi
12. Arazi kullanımı
13. Arkeoloji
14. Elektrik iletimi
15. Oşinografi

Teknik ekibin aşağıda sıralanan aktiviteleri gerçekleştirmesi önerilmektedir [63]:

1. Mevcut verilerin değerlendirilmesi
2. Arazide gözlem faaliyetleri
3. Arazide ölçüm ve izleme faaliyetleri
4. Laboratuvar testleri
5. Veri işleme ve analizler

Teknik ekip haricinde kurulacak diğer ekiplerde aşağıdaki alanlarda uzmanların bulunması önerilmektedir [63]:

1. İnsan kaynakları ve iş başı eğitim
2. Paydaşların katılımı
3. Tedarik
4. Hukuk
5. Proje yönetimi
6. Kalite yönetimi
7. İzinler ve lisanslar
8. Maliyet kestirimi

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 olabilir.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın öncelikli amacı Türkiye’de nükleer santral kurulabilecek en uygun bölgelerin tespiti için CBS ve çok ölçütlü karar analizi kuralları ile bir yaklaşım geliştirilmesidir. Bu amaca yönelik olarak Türkiye’de kurulacak bir nükleer santral için yapılacak işler, süreçler ve aşamaların tanımlanması, uygun yerlerin belirlenmesinde kullanılacak kriter setinin oluşturulması ve bu kriterler ışığında CBS ortamında konuma dayalı analizler ile uygun alanların belirlenmesine çalışılmıştır. Ayrıca ülkemizde hakkında çok fazla Türkçe kaynak veya örnek çalışma olmayan bu konuda, örnek bir çalışma hazırlamak amaçlanmıştır.

Öncelikle yer seçimine dair süreçler ve aşamaların tanımlanması için nükleer alanda düzenleyici kontrole ilişkin genel kavramlar incelenmiş ve Türkiye’deki lisanslama süreci ve lisanslama sürecinde esas alınacak mevzuat incelenmiştir.

Türkiye gibi ilk defa nükleer santral kuracak ülkeler için UAEA yaklaşımları incelenmiş ve yer belirleme sürecinde UAEA’nın ilgili dokümanları da dikkate alınarak yol haritası belirlenmiştir. Bu kapsamda lisanslama sürecinde yer seçimini birinci derecede etkileyen yer lisansı aşamasında izlenmesi gereken mevzuat ve yardımcı dokümanlar belirtilmiş, yer lisansı başvurusunda sunulacak yer raporu içeriğine ilişkin bilgiler verilmiştir. Bu bilgiler bölgesel, eleme ve sıralama kriterlerinin şekillenmesinde rehber görevi görmektedir. UAEA dokümantasyonu ve ulusal mevzuat mukayeseli olarak incelenmiş ve CBS ortamında ifade edilebilecek kriterler tanımlanmıştır.

Analizlerde kullanılacak CBS uygulamaları ve uygun yerlerin belirlenmesinde kullanılan çok ölçütlü karar analizi kurallarından bahsedilmiş ve çalışmada kullanılacak yöntem yine yukarıda sıralanan mevzuat ve yardımcı dokümanlarda belirlenen metodolojiye göre seçilmiştir. Çalışmada kullanılan Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yönteminin UAEA’nın SSG-35 dokümanında geliştirdiği yaklaşıma uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışma bölgesi belirlemek için tüm Türkiye genelinde belirlenen bölgesel kriterler ışığında analizler yapılmış, nükleer santral kurulumuna uygunluğa ve enerji verilerine göre yapılan değerlendirmelerde Batı Karadeniz bölgesinin nükleer santral kurulumu için uygun olabileceği sonucuna varılmıştır.

Çalışma bölgesinde Bölüm 6’da belirlenen kriterler ışığında yapılan puanlamalar ve puanlamanın Ağırlıklı Doğrusal Birleştirme yöntemi ile analizi sonucun bölgede nükleer santral kurulumuna uygun sahalar bulunduğu ortaya çıkmıştır.

Çalışma sonucunda elenmeyen bölgelerin uydu görüntülerinde coğrafi özellikleri ve arazi kullanımını konusunda incelenmesi sonucunda 7 adet sahanın istenen özellikleri taşıdığı tespit edilmiştir. Böylece çalışmada seçilen kriterlerin ve kullanılan karar kuralının nükleer santrallerin yer seçimi konusunda uygulanabilir olduğu söylenebilir.

Çalışma boyunca özellikle veri temini ve veri kalitesi açısından sorunlarla karşılaşmıştır. Ülkemizde birçok başlıkta CBS ortamında kullanılacak açık kaynaklı verilere erişim kısıtlıdır. Bazı konularda ise hiç veri bulunamamaktadır. İlgili kurumlarla yapılan görüşmelerde çoğu envanterin CBS ortamına aktarılmadığı ve coğrafi referanslı veri haline dönüştürülmediği anlaşılmıştır. Bilişim teknolojilerinin bu kadar geliştiği bir dönemde tüm kurumların ellerindeki varlık envanterlerini veri yönetimi ve kalite yönetimi standartlarına uygun şekilde CBS ortamına aktarmaları karar destek sistemlerinin kurulmasında oldukça etkili bir eylem olacaktır. Çalışmada kullanılan verilerin güvenilirliği puanlamayı ve karar analizinin sonuçlarını doğrudan etkileyebilecek düzeydedir. Dolayısı ile kullanılacak verinin ölçeği, doğruluğu, bütünlüğü ve öznitelik verilerinin yeterliliğinin uygulamanın doğruluğunu ve güvenilirliğini artıracığı tespit edilmiştir.

Mevcut verilerin birçoğunun meta verileri eksik ve takip edilebilir değildir. Örneğin çoğu alan sınırının hangi alet ve metot ile ölçüldüğü, hangi hassasiyette ölçüldüğü, ölçeği, doğruluğu, ölçüm yılı vb. gibi bilgiler bulunmamaktadır. Dolayısıyla nükleer santral kurulumu gibi oldukça ileri mühendislik ve kalite yönetimi gerektiren işlerde bu tip verilerin kullanılması oldukça sakıncalıdır. Ayrıca bu durumun lisanslama sürecinde sorunlara yol açacağı ve değerlendirme aşamasında birçok başlıkta sahada ve çevresinde yeniden veri toplanması gerekeceği değerlendirilmektedir.

Çalışma esnasında korunan alanlar, idari sınırlar, orman sınırları vb. gibi pek çok verinin üretiminde kurumlar arası yetki karmaşası nedeniyle verilerin tutarsız olduğu veya gereksiz yere tekrar üretildiği tespit edilmiştir. Veri üretim standartlarının belli olmaması sonucu üretilen verilerin kalitesi düşük olmaktadır. Benzer şekilde taşra teşkilatı olan kurumların birimlerinde veri üretim kalitesi birbiriyle uyumsuzluk göstermektedir. Kurumlar bünyesinde ve kurumlar arası veri üretim standartlarının oluşturulması coğrafi bilgi sistemlerinin doğruluğunu ve işlevselliğini artıracaktır. Halihazırda pek çok kurumun elinde coğrafi bilgi sistemlerinde kullanılacak kalitede veri bulunmadığından bu çalışma da temin edilmesi mümkün olan veriler ile sınırlandırılmıştır.

Sağlanan verilerin öznitelik bilgileri oldukça eksiktir. Örneğin sınırları bilinen bir barajın ne durumda olduğu, ne amaçla kurulduğu, ne kadar su barındırdığı gibi öznitelik bilgileri olmadan verinin kullanılması masa başı çalışmaları ile gerçek durumun uyuşmaması sorununu doğurmaktadır. Bu durumun aşılması için yerinde kontrol (ground truthing) veya büyük nesnelere için güncel uydu görüntülerinin incelenmesinin çözüm olabileceği değerlendirilmektedir.

Çalışmada kullanılan karar destek yaklaşımı ve yöntemi farklı girdiler ile tüm Türkiye’de kullanılabilir. Nükleer santrallerin yanı sıra rüzgâr, kömür, hidroelektrik ve doğalgaz çevrim santralleri gibi diğer elektrik üretim santralleri için de kullanılabilirdiği gibi, yer seçimi kritik parametrelere dayanan petrokimya tesisleri gibi endüstriyel problemlerde de örnek alınabilecektir. Enerji tesislerinin kurulacağı yer ile ve yerin tesisler ile etkileşimi ölçülebilir kriterler ışığında, coğrafî bir konuma dayalı veri tabanına işlenmesi bu büyük yatırımların uygun yerlere yapılmasını sağlayacağı gibi üst ölçekli planlar veya bölgedeki diğer yatırımlar ile etkileşimini de ortaya koyacaktır. Böylece hem ekonomik hem de çevresel etki analizlerine girdi sağlayabilecek çalışmalara olanak sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Kaya, K., Koç, E., Enerji üretim santralleri maliyet analizi. *Engineer & the Machinery Magazine*, 660, **2015**.
- [2] Brook, B. W., Alonso, A., Meneley, D. A., Misak, J., Blee, T., van Erp, J. B., Why nuclear energy is sustainable and has to be part of the energy mix. *Sustainable Materials and Technologies*, 1, 8-16, **2014**.
- [3] Türkiye Elektrik İletim A.Ş., *2015 Yılı Faaliyet Raporu*, Ankara, **2015**.
- [4] Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu, *Doğalgaz Piyasası Sektör Raporu Ocak 2017*, Ankara, **2017**.
- [5] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, *2017 Yılı Bütçe Sunumu*, Ankara, **2016**.
- [6] International Atomic Energy Agency, *Fundamental Safety Principles, Safety Fundamentals, SF-1*, Vienna, **2006**.
- [7] International Atomic Energy Agency, *IAEA Safety Glossary: Terminology Used in Nuclear Safety and Radiation Protection*, Vienna, **2007**.
- [8] Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, *Günümüzde Nükleer Enerji*, Ankara, **2010**.
- [9] Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Nükleer Santrallara Lisans Verilmesi, <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-guvenlik/478-nukleer-santrallara-lisans-verilmesi.html> (Nisan 2017)
- [10] International Atomic Energy Agency, *Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations*, Specific Safety Guide No. SSG-35, Vienna, **2015**.
- [11] Rikalovic, A., Cosic, I., Lazarevic, D., GIS Based Multi-Criteria Analysis for Industrial Site Selection. *Procedia Engineering*, 1054-1063, **2014**.
- [12] Zabunoğlu, H.O. Nükleer Enerji: Nedir? Nasıl Üretilir? *ODTÜ'lüler Bülteni*, s.36, **2014**.
- [13] World Nuclear Association, Outline History of Nuclear Energy, <http://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/outline-history-of-nuclear-energy.aspx> (Nisan 2017)
- [14] The Institution of Electrical Engineers, *Nuclear Reactor Types*, London, **2005**.
- [15] World Nuclear Association, Nuclear Power Reactors, <http://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-power-reactors/nuclear-power-reactors.aspx> (Nisan 2017)
- [16] International Atomic Energy Agency, Power Reactor Information System (PRIS). <https://www.iaea.org/PRIS/home.aspx> (Nisan 2017)
- [17] Göktepe, G., Fukushima Sonrası Dünya Enerji Politikaları ve Nükleer Güç, Türkiye 12. Enerji Kongresi. Ankara, Türkiye, **2012**.
- [18] World Nuclear Association, Country Profiles, <http://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles.aspx> (Nisan 2017)
- [19] Bayraktar, B. N., Türkiye'de Nükleer Güç Santrali Projeleri Tarihsel Gelişimi. Enerji Piyasası Bülteni, 8-18, **2011**.

- [20] Kütükçüoğlu, A. Geçmişte Nükleer Alanda Yapılan Çalışmalar ve Son Gelişmeler. Nükleer Enerji Sempozyumu. **2007**.
- [21] Hürriyet Gazetesi, Tek Merkezde Nükleer Ada Kurulacak, http://bigpara.hurriyet.com.tr/haberler/genel-haberler/tek-merkezde-nukleer-ada-kurulacak_ID552417/ (Nisan **2017**)
- [22] Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Nükleer Santral İçin Neden Sinop Seçilmiştir? <http://www.taek.gov.tr/nukleer-enerji-ve-nukleer-reaktorler/655-nukleer-santral-icin-neden-sinop-secilmistir.html> (Nisan **2017**)
- [23] Taner, A. C.. Nükleer Güç Santralleri Gelişiminde Nükleer Emniyet ve Nükleer Güvenlik. *Faydalı Bilgiler, Fizik Mühendisleri Odası Yayınları*, **2008**.
- [24] Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Nükleer Güvenlik, <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-guvenlik/426-nukleer-guvenlik.html> (Nisan **2017**)
- [25] Mohrbach, L., The defence-in-depth safety concept: Comparison between the Fukushima Daiichi units and German nuclear power units. *ATW-Internationale Zeitschrift fur Kernenergie*, 56(4), 242, **2011**.
- [26] Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, Nükleer Emniyet, <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-guvenlik/479-nukleer-emniyet.html> (Nisan **2017**)
- [27] International Atomic Energy Agency, *Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities*, IAEA Nuclear Security Series No. 13, Vienna, **2011**.
- [28] Ceyhan, M., Nükleer Güvenlik ve Nükleer Düzenleyici Sistem, *Enerji ve Diplomasi Dergisi*, s. 140-154, **2015**.
- [29] Atiyas, İ., Sanin, D., *Nükleer Enerji için Düzenleyici Otorite: Ülke Deneyimleri ve Türkiye için Öneriler*. Nükleer Enerjiye Geçişte Türkiye Modeli II. **2011**.
- [30] Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, TAEK Lisanslama Süreci, <http://www.taek.gov.tr/nukleer-guvenlik/nukleer-enerji-ve-reaktorler/165-akkuyu-nukleer-guc-santrali/427-taek-lisanslama-sureci.html> (Nisan **2017**)
- [31] Dayday, N., Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (UAEA), *Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 32-39, **2007**.
- [32] International Atomic Energy Agency, *Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power*, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-G-3.1 (Rev.1), Vienna, **2015**.
- [33] International Atomic Energy Agency, *Fundamental Safety Principles*, Safety Fundamentals No. SF-1, Vienna, **2006**.
- [34] Rizzo, P., Dubinsky, M., Tastan, E. O., Miano, S., Site Selection for Nuclear Power Plants, *2015 International Nuclear Atlantic Conference – INAC*, Sao Paulo, **2015**.
- [35] International Atomic Energy Agency, *Meteorological and Hydrological Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations*, Specific Safety Guide No. SSG-18, Vienna, **2011**.

- [36] Mays, G.T., Belles, R.J., Blevins, B.R., Hadley, S.W., Harrison, T.J., Jochem, W.C., Neish, B.S., Omitaomu, O.A., Rose, A.N, *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, **2012**.
- [37] Belles, R.J., Copinger, DA., Mays, G.T., Omitaomu, O.A., Poore, W.P., *Evaluation of Suitability of Selected Set of Coal Plant Sites for Repowering with Small Modular Reactors*, Oak Ridge National Laboratory, **2013**.
- [38] Canada Nuclear Safety Commission, *Site Evaluation for New Nuclear Power Plants*, Draft Regulatory Document RD-346, **2007**.
- [39] STUK, *Safety Criteria for Siting a Nuclear Power Plant*, Guide YVL 1.10, Helsinki, **2001**.
- [40] Dominion Energy Inc. Bechtel Power Corporation, *Study of Potential Sites for the Development of New Nuclear Plants in the United States*. U.S. Department of Energy, **2002**.
- [41] Aronoff, S., *Geographic Information Systems: A Management Perspective*, WDL Publications, **1991**.
- [42] Cowen, D., GIS versus CAD versus DBMS: What are the Differences? *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 54, 1551-1555, **1988**.
- [43] Malczewski, J., GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science* 20.7, 703-726, **2006**.
- [44] Burrough, P.A., *Principles of Geographical Information Systems for Land Assessment*, Oxford University Press, **1986**.
- [45] Maguire J.D., An Overview and Definition of GIS, *Geographical Information Systems: Principles and Applications Vol.1*, **1991**.
- [46] Yomralioğlu T., *Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar*, Birinci Baskı, Seçil Ofset, **2000**.
- [47] Maguire, J.D., Dangermond, J., The Functionality of GIS, *Geographical Information Systems: Principles and Applications Vol.1*, **1991**.
- [48] Campbell, J., Shin, M., *Essentials of Geographic Information Systems*, Saylor Foundation, **2011**.
- [49] Simon, H., *The New Science of Management Decisions*, Harper & Row, **1960**.
- [50] Mennecke, B.E., Understanding the role of geographic information technologies in business, *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, **1997**.
- [51] Crossland, M.D., *Spatial Decision Support System*, Encyclopedia of GIS, Springer, 2008.
- [52] Densham, P.J., *Spatial decision support systems*, *Geographical Information Systems: Principles and Applications Vol.1*, **1991**.
- [53] Ascough II, J.C., Rector, H.D., Hoag, D.L., McMaster, G.S., Vandenberg, B.C., Shaffer, M.J., Weltz, M.A., Ahjua, L.R., *Multicriteria Spatial Decision Support Systems: Overview, Applications and Future Research Directions*, International Environmental Modelling and Software Society, **2002**.

- [54] Zarghami, M., Szidarovszky, F., *Multicriteria analysis applications to water and environment management*, Springer, **2011**.
- [55] Malczewski, J., *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, Wiley, **1999**.
- [56] Yoon, K. P., Hwang, C. L., *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*, Vol. 104, Sage Publications, Thousand Oaks, **1995**.
- [57] Drobne, S., Lisec, A., Multi-attribute Decision Analysis in GIS: Weighted Linear Combination and Ordered Weighted Averaging, *Informatika*, 33, 459 – 474, **2009**.
- [58] Malczewski, J., On the Use of Weighted Linear Combination Method in GIS: Common and Best Practice Approaches, *Transactions in GIS*, 4, 5-22, 2000.
- [59] Berry, J.K., *Cartographic Modeling: The analytical capabilities of GIS*, *Environmental Modeling with GIS*, Oxford University Press, 1993.
- [60] Stanimirovic, I.P., Zlatanovic, M.L. and Petkovic, M.D., On the linear weighted sum method for multi-objective optimization. *Facta Acta Universitatis*, 26(4), 49-63, **2011**.
- [61] Hwang, C.L., Yoon, K., *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State-Of-The-Art Survey*, Vol. 186. *Springer Science & Business Media*, **2012**.
- [62] Kim, I. Y., De Weck, O. L., Adaptive weighted sum method for multiobjective optimization: a new method for Pareto front generation. *Struct. Multidiscip. Optim.* 31(2), 105-116, **2006**.
- [63] International Atomic Energy Agency, *Managing Siting Activities for Nuclear Power Plants*, Technical Reports NG-T-3.7, Vienna, **2012**.
- [64] Abudeif, A., Abdel Moneim, A., Farrag, A., Multicriteria decision analysis based on analytic hierarchy process in GIS environment for siting nuclear power plant in Egypt. *Annals of Nuclear Energy*, 682-692, **2015**.
- [65] Dutton, R., Hinman, G. and Millham C. B. The Optimal Location of Nuclear-Power Facilities in the Pacific Northwest. *Informs*, Vol. 22(3), pp. 478-487. **1974**.
- [66] Feinstein, S. J., The Safety Regulation of U.S. Nuclear Power Plants: Violations, Inspections, and Abnormal Occurrences. *The Journal of Political Economy*, Vol. 97(1), pp. 115-154. **1989**.
- [67] Akash, B. A., Mamlook, R. and Mohsen, M.S., Multi-criteria selection of electric power plants using analytical hierarchy process. *Electric Power Systems Research*, Vol. 52, pp. 29-35. **1999**.
- [68] D. Giardini, J. Woessner, L. Danciu, H. Crowley, F. Cotton, G. Grünthal, R. Pinho, G. Valensise, S. Akkar, R. Arvidsson, R. Basili, T. Cameelbeeck, A. Campos-Costa, J. Douglas, M. B. Demircioglu, M. Erdik, J. Fonseca, B. Glavatovic, C. Lindholm, K. Makropoulos, C. Meletti, R. Musson, K. Pitilakis, K. Sesetyan, D. Stromeyer, M. Stucchi, A. Rovida, *Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE): Online Data Resource*, doi: 10.12686/SED-00000001-SHARE, **2013**.
- [69] Türkiye Elektrik İletim A.Ş., Türkiye Elektrik Sistemi Kuruluş ve Yakıt Cinslerine Göre Kurulu Güç, <http://www.teias.gov.tr/yukdagitim/kuruluguc.xls> (Son Erişim: Mayıs 2017)

- [70] Türkiye Elektrik İletim A.Ş., *Türkiye İletim Sistemi Bağlantı Kapasitesi Raporu (2016-2026 Dönemi)*, Ankara, **2016**.
- [71] Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı, *2014-2023 Batı Karadeniz Bölge Planı Cilt 1: Mevcut Durum Analizi*, **2013**.
- [72] Kaya, M., *Türkiye'de Nükleer Santral Kurulumu*. Celal Bayar Üniversitesi, Vol. 7, pp. 78-93. **2005**.
- [73] Kassim, M., Heo, G., Kessel, D. S., A systematic methodology approach for selecting preferable and alternative sites for the first NPP project in Yemen. *Progress in Nuclear Energy*, 91, 325-338, **2016**.
- [74] Serteller, F. *Türkiye'de Kullanılan ve Kullanılabilecek Olan Enerji Kaynakları Arasında Nükleer Enerjinin Yeri Ve Önemi*. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Türkiye 10. Enerji kongresi, İstanbul, pp. 309-315. **2007**.
- [75] Türkiye Atom Enerjisi Kurumu, *Nükleer Güç Santrali Sahalarına İlişkin Yönetmelik*
- [76] International Atomic Energy Agency, *Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations*, Specific Safety Guide No. SSG-9, Vienna, **2010**.
- [77] Orman ve Su İşleri Bakanlığı, GEODATA, <http://geodata.ormansu.gov.tr> (Son Erişim: Mayıs 2017)
- [78] USGS, Shuttle Radar Topography Mission. Maryland: Global Land Cover Facility, University of Maryland, **2004**.
- [79] Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Gözlem İstasyonları Yönetim Sistemi, <http://rasatlar.dsi.gov.tr> (Son Erişim: Mayıs 2017)
- [80] Harita Genel Komutanlığı, Türkiye Mülki İdare Sınırları, <https://www.hgk.msb.gov.tr/uind-23-turkiye-mulki-idare-sinirlari.html> (Son Erişim: Mayıs 2017)
- [81] Türkiye İstatistik Kurumu, Resmi İstatistik Portalı, www.resmiistatistik.gov.tr/ (Son Erişim: Mayıs 2017)
- [82] EPRI, *Siting Guide: Site Selection and Evaluation Criteria for an Early Site Permit Application*, EPRI, Palo Alto, CA, 1006878, pp. 229, **2002**.
- [83] Erdoğan, M., Kaya, İ., A combined fuzzy approach to determine the best region for a nuclear power plant in Turkey, *Applied Sof Computing*, 39, 84-93, **2016**.
- [84] Berry, J.K., Beyond Mapping III, <http://www.innovativegis.com/basis-mapanalysis/topic19/topic19.htm>, (Son Erişim: Temmuz 2017.9)

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı : Zeki Mehmet BAŞKURT

Doğum Yeri : İstanbul

Medeni Hali : Evli

E-Posta : mbaskurt1@yahoo.com

Adresi : Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkocağı Cad. No: 2 Kat: 4 Oda:10
Çankaya / Ankara

Eğitim Bilgileri

Lisans : Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil ve Düzeyi

İngilizce (Akıcı)

İspanyolca (Orta)

İş Deneyimi:

2013 - ... : Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı / Enerji ve Tabii Kaynaklar Uzmanı

2012 - 2013 : NETCAD – Ulusal Cad ve GIS Çözümleri Müh. Bil. A.Ş./ GIS Uzmanı

2009 - 2012 : Kendi Danışmanlık Ofisi / Harita Mühendisi

2008 - 2009 : Prometheus Proje Danışmanlık A.Ş. / Harita Mühendisi

Deneyim Alanları

İleri düzeyde CAD (Netcad, Autocad, Microstation)

İleri düzeyde grafik tasarım (Adobe Illustrator, Adobe Photoshop, Adobe Indesign)

İleri düzeyde GIS uygulamaları (MapInfo, ArcGIS)

Proje Yönetimi (Ms Office yazılımları, Primavera)

Başlangıç düzeyinde programlama (MATLAB, Phyton)

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih: 13/7/2017

Tez Başlığı / Konusu: NÜKLEER SANTRALLER İÇİN YER BELİRLEME KRİTERLERİNİN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 87 sayfalık kısmına ilişkin, 13/7/2017 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orjinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 2 tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil-
- 3- 5 kelimededen daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'mı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Adı Soyadı: ZEKİ MEHMET BAŞKURT
Öğrenci No: N13225242
Anabilim Dalı: GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ
Programı: GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ
Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

Tarih ve İmza

13.7.2017
[Signature]

DANIŞMAN ONAYI

UYGUNDUR.

[Signature]

Doç. Dr. C. Coşkun AYDIN
(Unvan, Ad Soyad, İmza)