



İSKENDERUN TEKNİK

ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK
LİSANS
TEZİ**

**KONTEYNER LİMANLARINDA
ENERJİ VERİMLİLİĞİ
UYGULAMALARININ AHP
YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Nilüfer ŞİMŞEK

DENİZ ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI



**KONTEYNER LİMANLARINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ
UYGULAMALARININ AHP YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Nilüfer ŞİMŞEK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
DENİZ ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

NİSAN 2023

Nilüfer ŞİMŞEK tarafından hazırlanan KONTEYNER LİMANLARINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARININ AHP YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY ÇOKLUĞU ile İskenderun Teknik Üniversitesi Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman/Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Murat AYMELEK

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Örnek: Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi)

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

.....
.....

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sedat BAŞTUĞ

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Örnek: Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi)

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

.....
.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Samet GÜRGEN

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Örnek: Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi)

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

.....
.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KAFALI

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Örnek: Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi)

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

.....
.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ramazan Özkan YILDIZ

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Örnek: Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi)

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.

.....
.....

Tez Savunma Tarihi: 27/04/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ersin BAHÇECİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülediğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu,
 - Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Nilüfer ŞİMŞEK

27/04/2023

KONTEYNER LİMANLARINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ UYGULAMALARININ AHP
YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Nilüfer ŞİMŞEK

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Nisan 2023

ÖZET

Günümüzde limanlar hem enerji üretiminin hem de enerji tüketiminin odak noktası haline gelmiştir. Bu bağlamda denizcilik sektörü limanların ekonomik, çevresel ve teknolojik yapılarının enerji verimliliğini desteklemesinin gereği konusunda fikir birliğindedir. Limanlarda sürdürülebilirliğin sağlanması için çeşitli enerji verimliliği uygulamaları yapılmaktadır. Ancak enerji verimliliğinin birçok faktöre bağlı olması bu alanda yapılan çalışmaların ortak bir çatı altında incelenmesini zorlaştırmaktadır. Örneğin, enerji tasarrufu çalışmaları, yeni teknolojik uygulamalar, yenilenebilir enerji kullanımı ve enerji tüketiminden kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılması çalışmalarının hepsi enerji verimliliğini sağlayan uygulamalardır. Bu nedenle limanlarda enerji verimliliği sağlayan uygulamaların belirlenmesi ve sistematik olarak yürütülebilmesi için çeşitli stratejilerin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu tezin amacı Türkiye'deki konteyner limanları için enerji verimliliği kriterlerinin öncelik sıralamasının belirlenmesi yoluyla yazına katkı sağlamaktır. Bu bağlamda liman yetkilileri ve akademisyenlere bu kriterlerinin önem düzeyleri konusunda anket uygulanmıştır. Ankette belirlenen kriterlerin AHP yöntemi kullanılarak kendi aralarında ikili karşılaştırması yapılmış, Türkiye'deki konteyner limanları için en önemli ilk üç kriterin sırasıyla elektrifikasyon ve otomasyon teknolojileri (0,1932), devlet teşvikleri (0,1518) ve yeşil sertifikalar (0,1056) önem düzeylerine sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu tez çalışmasının sonuçlarına göre Türkiye'deki limanlar için belirlenen enerji verimliliği kriterlerinin önem derecelerine göre yeni teknolojik gelişmelerin kullanımını arttıracak planlamalar yapılabilir.

Anahtar Kelimeler : Enerji verimliliği, yenilenebilir enerji, yeşil liman, sürdürülebilirlik, AHP yöntemi

Sayfa Adedi : 88

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Murat AYMELEK

İkinci Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Sedat BAŞTUĞ

EVALUATION OF ENERGY EFFICIENCY APPLICATIONS IN CONTAINER PORTS
BY AHP METHOD
(M. Sc. Thesis)

Nilüfer ŞİMŞEK

İSKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY
INSTITUTE OF ENGINEERING AND SCIENCES

April 2023

ABSTRACT

Nowadays, ports have become the focal point of both energy production and energy consumption. In this context, the maritime industry is in consensus on the need for the economic, environmental and technological structures of ports to support energy efficiency. Various energy efficiency practices are carried out to ensure sustainability in ports. However, the fact that energy efficiency depends on many factors makes it difficult to examine the studies in this field under a common roof. For example, efforts to save energy, new technological applications, use of renewable energy and reduction of environmental impacts arising from energy consumption are all applications that provide energy efficiency. Therefore it is necessary to determine various strategies in order to determine the practices that provide energy efficiency in ports and to carry them out systematically.

The aim of this thesis is to contribute to the literature by determining the priority order of energy efficiency criteria for container ports in Turkey. In this context, a questionnaire was applied to port authorities and academicians about the importance levels of these criteria. The criteria determined in the survey were compared among themselves using the AHP method, and it was concluded that levels of the first three criteria for container ports in Turkey were respectively electrification and automation technologies (0,1932), government incentives (0,1518) and green certificates (0,1056). According to the results of this thesis, plans can be made to increase the use of new technological developments in regard to the importance of the energy efficiency criteria determined for the ports in Turkey.

Key Words : Energy efficiency, renewable energy, green port, sustainability, AHP method

Page Number : 88

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Murat AYMELEK

Co-supervisor : Assist. Prof. Dr. Sedat BAŞTUĞ

TEŞEKKÜR

Akademik çalışmalarında gösterdiği özverisi ile örnek olan ve tez çalışmam için yardımlarını esirgemeyen değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Murat AYMELEK'e,

Tez konusunun seçiminde ve tez çalışması sürecinde yönlendirici olan, tecrübesi ile yol gösteren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Sedat BAŞTUĞ'a,

Tez çalışmam için bilgilerini esirgemeyen ve çalışmamın gerçekleşmesinde büyük katkısı bulunan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Samet GÜRGEN'e.

Yüksek lisans eğitimim boyunca yönlendirici olan ve manevi desteğini esirgemeyen değerli hocam Doçent. Dr. Alpaslan ATEŞ'e,

Çalışmamın tamamlanması için yönlendirici olan ve ufkumu açan değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Mustafa KAFALI ve Dr. Öğr. Üyesi Ramazan Özkan YILDIZ'a,

Tez çalışmam sürecinde tecrübesi ile bana yol gösteren ve çalışmama bilgisi ile katkı sağlayan değerli hocam Öğr. Görevlisi Aydın İNAK'a,

Çalışmamın sonuçlanmasında büyük katkısı olan, bilgilerini ve tecrübelerini esirgemeyen değerli arkadaşım Endüstri Mühendisi Melike AKÇA KAYA'ya sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimini birlikte gerçekleştirdiğimiz ve bilgisi ile bana destek olan değerli arkadaşım Merve KİREÇÇİOĞLU'na, dostluklarıyla her zaman yanımda hissettiğim değerli arkadaşlarım Nagihan ÖZGÜN, Asuman ŞİT, Elmas DENİZOĞLU ve Pelin DÖNMEZ ERDEM'e sonsuz teşekkür ederim. Çocukluğumdan bu yana en iyi dostum olan ve çalışmamın her aşamasında katkısı bulunan değerli ablam Ayfer AYTEKİN ve değerli abim Gürkan AYTEKİN'e sonsuz teşekkür ederim.

Her zaman varlıklarını yanımda hissettiğim biricik ailem, varlıklarıyla şükür ettiğim ve hayatıma anlam katan sevgili çocuklarım Yusuf Zübeyir KÖSELER, Süeda Şevval KÖSELER ve Yunus Ali KÖSELER'e göstermiş oldukları sevgi ve anlayıştan dolayı sonsuz teşekkür ederim. İyi ki varsınız iyi ki hayatımdasınız.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	İV
ABSTRACT.....	V
TEŞEKKÜR.....	VI
İÇİNDEKİLER	VII
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	XII
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	X
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIII
1. GİRİŞ.....	1
2. ENERJİ KAYNAKLARI.....	4
2.1. Enerji Kaynakları.....	4
2.1.1. Yenilenemez enerji kaynakları	4
2.1.2. Yenilenebilir enerji kaynakları	5
2.1.3. Denizcilik sektöründe kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları	8
2.2. Yenilenebilir Enerjinin Gelişimi.....	9
2.2.1. Dünya genelinde yenilenebilir enerjinin gelişimi	9
2.2.2. Türkiye’de yenilenebilir enerjinin gelişimi	11
2.2.3. Fosil kaynak kullanımından kaynaklanan çevresel etkiler	13
2.3. Yenilenebilir Enerjinin Finansmanı.....	15
2.3.1. Güncel yatırım ve finansman modelleri.....	15
2.3.2. Denizcilik sektöründe kullanılan teşvik uygulamaları.....	18
3. LİMANLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE YEŞİL LİMAN.....	20
3.1. Verimlilik Kavramı.....	20
3.1.1. Limanlarda enerji verimliliği	20

3.1.2. Denizcilikte kullanılan enerji verimliliği terimleri	21
3.1.3. Deniz taşımacılığı kaynaklı kirliliklerin azaltılmasını amaçlayan yönetmelikler	22
3.2. Yeşil Liman.....	24
3.2.1. Uluslararası yeşil liman mevzuatları.....	25
3.2.2. Deniz taşımacılığının çevresel etkileri.....	26
3.3. Enerji Verimliliği Kriterlerinin Belirlenmesi.....	28
3.4. Limanlarda Teknolojik Boyutta Uygulanan Enerji Verimliliği Önlemleri.....	30
3.4.1. Elektrifikasyon ve otomasyon teknolojileri	31
3.4.2. Kıyı/liman güç kaynağı (Onshore power supply - OPS)	33
3.4.3. Aydınlatma teknolojileri ve enerji verimli liman binaları	34
3.4.4. Soğutuculu konteynerler	35
3.5. Limanlarda Çevresel Boyutta Uygulanan Enerji Verimliliği Önlemleri	36
3.5.1. Yeşil liman mevzuatları	36
3.5.2. Yeşil liman çevresel ölçütleri.....	36
3.5.3. Liman çevre ve enerji yönetim planları	38
3.5.4. Limanlarda yenilenebilir enerji kullanımı	40
3.5.5. Alternatif yakıtlar.....	44
3.6.Limanlarda Ekonomik Boyutta Uygulanan Enerji Verimliliği Önlemleri	45
4. ARAŞTIRMANIN AMACI ve KAPSAMI.....	45
5. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ	47
5.1. AHP (Analytic Hierarchy Process) Yöntemi	47
5.2. Araştırma evreni ve örnekleminin belirlenmesi.....	51
5.3. AHP Yöntemi Anket Formu	52

	Sayfa
5.4. Veri Toplama Süreci.....	52
5.5. Veri Analizi.....	53
6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	59
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR	68
EKLER.....	80
Ek-I. Anket formları.....	81
Ek-II. Katılımcı uzmanlara ait demografik bilgiler	86
Ek-III. Enerji verimliliği ana kriterlerinin karşılaştırma verileri	87
Ek-IV. Konteyner limanlarına ait enerji verimliliği alt kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisi.	88

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Enerji kaynakları sınıflandırılması	4
Çizelge 2.2. 2019 yılında Dünya’da en yüksek yenilenebilir enerji oranına sahip ilk on ülke.....	10
Çizelge 2.3. Türkiye’de (2015-2020) yenilenebilir elektrik üretimi gelişimi (MWh)....	11
Çizelge 2.4. Güncel yatırım ve finansman modelleri	15
Çizelge 2.5. Seçilmiş bazı ülkelerde kullanılan yatırım ve teşvik modelleri.....	16
Çizelge 3.1. MARPOL 73/78 sözleşmesinin ekleri	23
Çizelge 3.2. Yeşil limanlar ile ilgili uluslararası mevzuatlar	25
Çizelge 3.3. Dünya limanları içinde karbondioksit (CO ₂) ve kükürtoksit (SO _x) emisyon oranı en fazla olan on liman	27
Çizelge 3.4. Enerji verimliliği uygulamalarını konu alan yazarlar ve çalışmalarında ele alınan kriterler	28
Çizelge 3.5. Avrupa Limanlarında liman/terminal ekipmanları ve araçlarına odaklanan önlemler.....	32
Çizelge 3.6. Dünya çapındaki limanlarda geliştirilen yüksek voltajlı OPS kurulumları ve kapasite durumları	33
Çizelge 3.7. Yıllar boyunca ESPO çevre araştırmaları.....	37
Çizelge 3.8. AB Limanlarının Çevresel öncelikleri.....	38
Çizelge 3.9. Avrupa’daki farklı limanlarda enerji verimliliği sağlayan uygulamalar	41
Çizelge 3.10. Avrupa’da 2019 yılında karada ve denizde bulunan rüzgar enerjisi üretimi miktarları (MW)	42
Çizelge 5.1. Karşılaştırmalarda Kullanılan Önem Derecelendirme Tablosu.....	48
Çizelge 5.2. Kriterlerin karşılaştırma verileri 1	49
Çizelge 5.3. Kriterlerin karşılaştırma verileri 2	49
Çizelge 5.4. Kriterler için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulması.....	50
Çizelge 5.5. Rassallık Göstergesi Tablosu.....	51

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.6. Anket formundaki ana ve alt kriterler.....	52
Çizelge 5.7. Limanlara ait enerji verimliliği ana kriterleri	53
Çizelge 5.8. Ana kriterlerin karşılaştırma verileri	54
Çizelge 5.9. Ana kriterlerin birleştirilmiş karşılaştırma matrisi ve global ağırlıkları.....	54
Çizelge 5.10. Limanlara ait enerji verimliliği alt kriterleri.....	55
Çizelge 5.11. Teknolojik Boyuta ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi ve yerel ağırlıkları.....	56
Çizelge 5.12. Çevresel Boyuta ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi ve yerel ağırlıkları.....	56
Çizelge 5.13. Ekonomik Boyuta ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi ve yerel ağırlıkları.....	57
Çizelge 5.14. Alt kriterlerin yerel ağırlıkları	58
Çizelge 6.1. Ana kriterlere ait global ağırlıklar ve tutarlılık oranı.....	59

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2. 1. En Çok Sera Gazı Emisyonu Yapan On Ülke	14
Şekil 5. 1. AHP Yöntemi Karar Hiyerarşisi.....	47
Şekil 6.1. Alt kriterlere ait yerel ağırlıkların sütun grafiği	60



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
AB	: Avrupa Birliği
AİDP	: Avrupa İklim Değişikliği Program
AR-GE	: Araştırma Geliştirme
BM	: Bileşmiş Milletler
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
ETKB	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı
FIT	: Sabit Fiyat Garantisi
FIP	: Prim Garantisi
HES	: Hidroelektrik Santral
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
INDC	: Ulusal Katkı Niyet Beyanında
IPCC	: Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
IRENA	: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
FV	: Fotovoltaik
GES	: Güneş Enerjisi santralleri
Kw	: Kilowatt
Kwh	: Kiowaatt Saat
LNG	: (Liquefied Natural Gas) Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
LPG	: (Liquefied Petroleum Gas) Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MTEP	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
MW	: Megawatt
Mwh	: Megawatt Saat
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
OPS	: Kıyı (Liman) Güç Kaynağı
REC	: Yenilenebilir Enerji Sertifikaları
RES	: Rüzgar Enerjisi Santralleri

TAS	: Kamyon Randevu Sistemlerinin
TEİAŞ	: Türkiye Elektrik İletim A.Ş.
UNİDO	: Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Örgütü
YEK	:Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (5346)



1. GİRİŞ

Günümüzde yaşanan nüfus artışı, teknolojik gelişmeler, ticaretin artması ve yaşam standardının yükselmesi gibi unsurlar toplumları daha fazla enerji tüketimine yönlendirmiştir. Ancak enerji kaynaklarının korunması, enerji tasarrufunun sağlanması ve enerji kullanımından kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılması bir gereklilik haline gelmiştir. Bu bağlamda dünya genelinde enerji üretimi ve tüketimi sonucu oluşan çevresel etkilerin azaltılması için çeşitli önlemler alınmaktadır (Bayraç, 2010: 232). Bu bağlamda yapılan çalışmaların hepsi enerji verimliliğinin artmasını sağlamaktadır.

Özellikle limanlarda büyük miktarlarda enerji kaynağı kullanılmaktadır (Köseoğlu ve Solmaz; 2019: 35). Günümüzde limanlar hem enerji kaynağı taşımacılığı yapan hem de liman faaliyetleri sırasında büyük oranda enerji kaynağı kullanan merkezlerdir. Bu sebeple limanlar enerji tüketicisi konumundan çıkarak enerji üreticisi konumuna gelme çabası göstermektedir. Bu bağlamda limanlarda enerji tasarrufunun ve enerji verimliliğinin sağlanması için yeni teknolojik araçlar geliştirilmekte, yenilenebilir enerji kullanımı arttırılmakta ve enerji tüketiminden kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılması uygulamaları yapılmaktadır. Yapılan uygulamalar farklı şekillerde enerji verimliliğine katkı sağlamaktadır.

Yeşil liman konsepti çalışmaları limanların çevresel etkilerini azaltmak için geliştirilen, sıfır emisyonlu ve sürdürülebilir liman faaliyetlerini kapsamaktadır (Ateş ve Akın, 2014). Böylece limanlarda emisyonların azaltılması ve enerji verimliliğinin sağlanması hedeflenmektedir. Ayrıca Avrupa limanlarında enerji yönetimi çalışmaları yapılmaktadır (Beşikçi, 2015: 10). Bu bağlamda enerji yönetimi ile hem liman kaynaklı emisyonların azaltılması hem de enerji verimliliğinin sağlanması için gerekli standartlar belirlenmekte ve limanların belirlenen standartlara uygunluğunun arttırılması hedeflenmektedir (Sdoukopoulos, Boile, Tromaras ve Anastasiadis, 2019). Yeşil limanlarda yapılan enerji verimliliği uygulamaları diğer limanlar için örnek oluşturmaktadır.

Bu çalışmada limanlarda yürütülen enerji verimliliği çalışmalarının etkinliği araştırılmıştır. Ancak enerji verimliliği birçok faktöre bağlı olduğundan bu alanda yapılan uygulamalar birbirinden farklılık göstermektedir. Örneğin Avrupa limanlarında enerji verimliliği,

uygulanan politika ve standartlara, enerji yönetimine, yeşil liman uygulamalarına, temel operasyonel önlemlere, liman altyapı çalışmalarına ve yenilenebilir enerji kullanımına bağlı olarak ele alınmıştır (Sdoukopoulos ve diğerleri, 2019; İris ve Lam, 2019). Ayrıca limanlarda uygulanan enerji verimliliği önlemleri, limanların tipine ve kapasitesine göre, limanın bulunduğu coğrafi konuma göre değişiklik gösterebilmektedir. Farklı alanlarda yapılan çalışmalardan ortak bir sonuca ulaşmanın zorluğu bu çalışmada bir kısıt olarak karşımıza çıkmaktadır. Literatürde hali hazırda bu soruya yönelik farklı konularda farklı yanıtlar bulunmaktadır. Ancak bu yanıtların konuyu açıklama gücü bütün faktörlerin bir arada incelenmesinin zorluğundan dolayı eksik kalmaktadır. Bu sebeple literatürde limanlarda enerji verimliliği önlemlerinin belirlenmesine yönelik birçok farklı çalışma bulunmasına rağmen bu önlemlerin öncelik sıralamasının belirlenmesine ait bir boşluk bulunmaktadır. Bu çalışma ile literatürde bulunan mevcut boşluğun doldurulmasına azda olsa katkıda bulunulmak istenmiştir.

Bu tez çalışmasının amacı “Konteyner limanlarında enerji verimliliğinin sağlanması için yapılan uygulamaların öncelik derecesi nedir? ” sorusuna cevap aramaktır. Ancak liman işletmelerinin, karmaşık ve dinamik yapıları sebebiyle, performans ölçümlerinin tek bir parametreye bağlı kalarak yapılması hatalı sonuçlara sebep olabilir. Bu sebeple limanlarda gerçekleştirilen faaliyetlerin etkinliğini belirlemek için performans ölçümünde çoklu parametrelerin kullanılması gerekmektedir (Ateş ve Esmer, 2011). Bu bağlamda enerji verimliliği konusu, bağlı olduğu birbirinden farklı birçok faktör göz önünde bulundurularak incelenmelidir.

Bu çalışmada limanlarda enerji verimliliğinin sağlanması için yapılan uygulamalar ‘teknolojik’, ‘çevresel’ ve ‘ekonomik’ olarak sınıflandırılmış ve bu uygulamalara ait ana kriter ve alt kriterlerin öncelik sıralamasının yapılması hedeflenmiştir. Bu çalışmada araştırma sorusu “Konteyner limanlarında enerji verimliliğinin sağlanması için yapılan uygulamaların öncelik derecesi nedir?” şeklinde düzenlenmiştir. Ayrıca bu çalışma ile ülkemizdeki limanların enerji verimliliği performanslarını artırabilmeleri ve diğer limanlarla rekabet edebilmeleri için yöneticilere karar verme aşamasında yardımcı olması hedeflenmiştir. Bu amaçla çalışmada AHP yöntemleri kullanılmıştır.

Giriş bölümünde tez çalışmanın genel çerçevesi hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde enerji kaynakları incelenmiş ve denizcilik sektöründe kullanılan yenilenebilir enerji

kaynakları hakkında bilgi verilmiştir. Birinci bölümün son kısmında ise limanlar için uygulanmakta olan teşvik modelleri irdelenmiştir.

Üçüncü bölümde ise limanlarda enerji verimliliğinin sağlanması için alınan önlemler incelenmiş, emisyon yönetmelikleri, yeşil liman mevzuatları ve uluslararası yeşil liman çevresel ölçütleri hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra limanlarda enerji verimliliğinin sağlanması için yapılan uygulamalar teknolojik, ekonomik ve çevresel boyutlarıyla ele alınmıştır. Bu bağlamda teknolojik boyutta elektrifikasyon ve otomasyon sistemleri, kıyı güç kaynağı, aydınlatma teknolojileri, enerji verimli liman binaları ve soğutuculu konteynerler incelenmiştir. Ekonomik boyutta devlet teşvikleri, yardım fonları ve hibeler, yeşil sertifikalar ve liman başkanlıklarının bütçeleri incelenmiştir. Çevresel boyutta ise yeşil liman mevzuatları, yeşil liman çevresel ölçütleri, liman çevre ve enerji yönetimi planları, yenilenebilir enerji kullanımı ve alternatif yakıtlar incelenmiştir.

Dördüncü bölümde araştırmanın amacı ve kapsamı hakkında bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde araştırmada kullanılan AHP (Analytic Hierarchy Process) yöntemi tanıtılmış ve AHP yöntemi anket formu belirtilmiştir. Ayrıca araştırma için seçilen evren ve örneklemin belirlenmesi, veri toplama süreci ve veri analizi hakkında bilgi verilmiştir. Altıncı bölümde araştırma sonucunda elde edilen bulgular belirtilmiştir. Son bölümde ise yapılan araştırma sonucunda elde edilen bilgiler irdelenmiş ve bu bilgilere dayanarak çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

2. ENERJİ KAYNAKLARI

2.1. Enerji Kaynakları

İnsanoğlu tarih boyunca ihtiyaçlarını karşılamak için kendi gücünü, doğanın ve hayvanların gücünü kullanmış olsa da bugün enerji kaynaklarının çeşidi ve kullanım alanları artmıştır (Adıyaman, 2012: 6). Günümüzde enerji kaynakları, yenilenemeyen enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak iki guruba ayrılmıştır (Çepik, 2015: 43). Enerji ihtiyacımızı karşılamak için kullandığımız enerji kaynakları aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır.

Çizelge 2.1. Enerji kaynakları sınıflandırılması

Yenilenemeyen Enerji Kaynakları	Yenilenebilir Enerji Kaynakları
a) Fosil kaynaklı:	Hidrolik
Kömür	Güneş
Petrol	Biyokütle
Doğalgaz	Rüzgar
b) Çekirdek kaynaklı:	Jeotermal
Uranyum	Hidrojen
Toryum	Dalga, Gel-git

Çizelge 2.1.'de görüldüğü gibi enerji kaynakları; yenilenemeyen enerji kaynakları ve yenilenebilir enerji kaynakları olarak iki guruba ayrılmaktadır (Koç ve Kaya, 2015: 37).

2.1.1. Yenilenemez enerji kaynakları

Fosil yakıtlar doğada katı, sıvı veya gaz halinde bulunan, kömür, petrol, doğalgaz, uranyum ve toryum gibi kaynaklardır, bu kaynaklar yakılarak ısı, elektrik veya yakıt enerjisi elde edilir (Gülay, 2008: 4-5). Doğada sınırlı miktarda bulunan ve madencilik faaliyeti gerektiren fosil kaynakların sürdürülebilir olamadığı görülse de günümüzde elektrik enerjisi çoğunlukla fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. (Erdoğan, 2020: 7; Konyalı, 2019: 12). Ancak bu kaynakların kullanımı olumsuz çevresel etkilere ve insan sağlığının bozulmasına sebep olmaktadır.

Yapıcı ve Koldemir'e (2015) göre, fosil yakıtların olumsuz etkileri aşağıdaki gibidir;

- Küresel iklim değişikliği, deniz seviyesinin yükselmesi, sel, hortum ve tsunami benzeri doğal afetlerin görülmesi,
- Asit yağmurlarının artması, tarım arazilerinin zarar görmesi, toprak veriminin düşmesi, heyelan ve erozyon kaynaklı toprak kaybının artması,
- Temiz su kaynaklarının azalması, barajların su seviyelerinin düşmesi, yeterli su ve hijyen sağlanamadığından hastalıkların artması (Yapıcı ve Koldemir, 2015).

Tüm olumsuz etkilerine rağmen bugün fosil teknolojilerinin yeterli gelişmişlik seviyesine ulaşmış olması, fosil enerji üretiminin sürekli bir şekilde yapılmasına olanak sağlamaktadır (Konyalı, 2019: 12). Ayrıca, fosil kaynakların genelde belirli bölgelerde bulunmaları ve enerji talebine karşılık vermeleri fosil üretimin devamını sağlamaktadır (Erdoğan, 2020: 7).

2.1.2. Yenilenebilir enerji kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları ise, Güneş enerjisi, Hidrolik enerji, Biyokütle enerjisi, Jeotermal enerji, Rüzgâr enerjisi, Hidrojen enerjisi ve Dalga enerjisidir (Evli, 2018: 12). Günümüzde dünyanın enerji ihtiyacının artması, enerji arz güvenliği sorunları, insan sağlığı endişeleri, çevre kirliliği, iklim değişikliği gibi sorunlar yenilenebilir enerjiye yönelimi arttırmıştır. Bu sebeple yenilenebilir enerji fosil enerjiye göre daha fazla tercih edilmeye başlanmıştır (Erdal, 2011: 68; Aguirre ve Ibikunle, 2014).

Güneş enerjisi; elektrik üretiminde, ulaşımda, aydınlatmada, konutların ısıtılmasında, yemek pişirmede, içme suyu dezenfeksiyonunda, su pompalarında, kurutmada, suni fotosentez uygulamasında, tarımda ve sıcak su temini gibi birçok alanda kullanılır (Cihan, 2019: 34-36). Güneş enerjisinden faydalanmak için Güneş Enerjisi Santrallerinde (GES) elektrik üretimi yapılmaktadır. Bu santrallerde güneş enerjisi ya doğrudan ya da güneş enerjisinden elektrik üretilerek dolaylı yoldan kullanılmaktadır (Koç ve Kaya, 2015: 41). Dünya üzerinde bir yerin güneş enerjisinden faydalanması, o yerin dünya üzerindeki matematik konumuna, içinde bulunulan tarih ve gün içindeki zamana göre değişiklik gösterir (Önal ve Yarbay, 2010: 85). Bu durum bazı yerlerde güneş enerjisi teknolojilerinin diğer yenilenebilir enerji türlerine göre daha hızlı gelişimini sağlamıştır.

Rüzgar enerjisi, yeryüzünün topoğrafik özelliklerine ve hava koşullarına göre oluşmaktadır (Çukurçayır ve Sağır, 2008: 263). Bugün Rüzgar Enerjisi Santralleri (RES) ile rüzgar enerjisinden elektrik üretilmektedir (Koç ve Kaya, 2015: 43). Yakıt ve hammadde ihtiyacının olmaması rüzgar enerjisine olan talebi arttırmaktadır. Ancak santralin doğru yere kurulması ve verimli çalışması için, rüzgarın yönü, şiddeti ve frekansı gibi meteorolojik şartların dikkate alınması gerekmektedir (Erdoğan, 2020: 12). RES kurulumu kolay ve hızlıdır, elde edilen enerji birçok alanda kullanılabilir (Koç ve Kaya, 2015: 43; Yılmaz ve Öziç, 2018: 530). Yakıt maliyeti yoktur, enerji arz güvenliği sağlar, radyoaktif etkisi yoktur, fosil yakıt kullanımını azaltır (Karaaslan ve Aydın, 2020: 1355; Öztürk, 2020: 9-10). Bu sebeplerle Rüzgar enerjisi hem dışa bağımlılığı azaltır. Ancak, rüzgar santrallerinin göç eden kuşlara zarar vermesi, türbinlerin oluşturduğu gürültü, türbinlerin devrilme ve yanma ihtimali, ayrıca sadece yüksek alanlarda yüksek verim alınması rüzgar enerjisinin olumsuz nitelikleridir (Evli, 2018: 19; Erdoğan, 2020: 14-15).

Hidrolik enerji, atmosfer kökenli suyun yağış olarak yeryüzüne ulaşması ve kullanılmasıyla elde edilen enerjidir (Gülay, 2008: 62-63). Hidroelektrik santrallerde (HES), suyun yüksek yerden alçak yere doğru inmesi sonucu açığa çıkan enerjinin türbinleri çevirmesi sonucu elektrik üretimi yapılır (Adıyaman, 2012: 88; Erdoğan, 2020: 15). HES'lerin işletme maliyetleri düşüktür, uzun ömürlüdür, enerji üretiminde verimliliği sağlar ve dışa bağımlılığı azaltırlar (Kınacı ve Yıldız, 2019: 210). Bu santrallerin kurulduğu barajlarda içme suyu tedarik edilmekte ve elektrik üretimi yapılmaktadır.

Jeotermal enerji, yerkabuğunun derinlerinde bulunan, sıcaklığı 20 dereceden fazla olan, içinde mineraller ve tuzlar barındıran su ve su buharından elde edilir (Öztürk, 2020: 12; Erdoğan, 2020: 21). Jeotermal enerji tarımda, seracılıkta, balıkçılıkta, sağlık ve turizm alanında, sanayi kuruluşlarında, elektrik üretiminde, ısıtma ve soğutmada, kimyasal madde üretiminde kullanılmaktadır (Erdoğan, 2020: 23). Jeotermal enerji yerli bir kaynaktır, yüksek teknoloji gerektirmez, günlük meteorolojik olaylardan etkilenmez, enerji üretimi yapıldıktan sonra artan sıcak su başka alanlarda kullanılarak enerji verimliliği sağlanır ve ülkelerin dışa bağımlılığını azaltır (Adıyaman, 2012: 71). Sürdürülebilir, yenilenebilir, güvenilir, ucuz, çevre dostu ve yerli enerjidir.

Biyokütle enerjisi, bitkiler ve hayvanlardan oluşan atıklardan elde edilir. Biyokütle kaynağı; odun, besin atıkları, kentsel atıklar, sanayi atıkları, şehir kanalizasyon atıkları,

tarımsal atıklar, hayvan dışkıları, evlerden atılan atıklar, mısır ve buğday gibi enerji bitkileridir (Yılmaz, 2012: 46). Biyokütle santrallerinde doğrudan yakılan organik maddenin yaydığı buhar, türbinleri döndürerek bağlı jeneratörlerin elektrik üretmesini sağlamaktadır (Kara, 2013: 15). Ayrıca biyoetanol, biyodizel, biyogaz, gübre, metan, ve hidrojen biyokütle enerjisi ile üretilen yakıtlardır (Koç ve Kaya, 2015: 43; Erdoğan, 2020: 26).

Biyokütle enerjisinin en büyük faydası atıkların enerji kaynağı olarak kullanılmasıdır. Ancak depolanan çöplerden sızan gazların patlama ihtimali ve çöplerin yakılması sonucu oluşan karbon emisyonu olumsuz olarak nitelendirilmektedir (Evli, 2018: 33-34). Son olarak biyokütle enerjisi sadece büyük yerleşim yerlerine kurulmaya elverişlidir, tarım alanlarıyla rekabet eder, enerji üretimi sırasında fazla su kullanılır, kötü kokular ve zararlı gazlar yayılır (Erdoğan, 2020: 27).

Hidrojen enerjisi, basit yapılı, renksiz, kokusuz, zehirsiz ve hafif bir gaz olan hidrojenden elde edilir. Ancak doğada serbest halde bulunmayan bu gazın kullanılması için önce açığa çıkarılması gerekir (Çukurçayır ve Sağır, 2008: 262; Külekçi, 2009: 85; Adıyaman, 2012: 97). Hidrojenin açığa çıkarılması için çeşitli kimyasal işlemler yapılmaktadır. Doğada bileşikler halinde bulunan hidrojenin sudan veya başka bileşiklerden açığa çıkarılması yöntemleri her geçen gün artmaktadır (Öztürk, 2008: 340; Erdoğan, 2020: 20).

Günümüzde özellikle güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen enerjinin ihtiyaç fazlası olan kısmı daha sonra kullanılmak üzere hidrojen olarak depolanmaktadır (Adıyaman, 2012: 97). Hidrojen enerjisinin, çevreci, güvenli ve verimli olması ve her yerde üretilebilir olması bu enerjinin gelişimini hızlandırmıştır (Evli, 2018: 42). Hidrojen enerjisinin verimliliğinin yüksek olması özellikle ulaşım araçlarında yakıt olarak tercih edilmesine neden olmaktadır (Çukurçayır ve Sağır, 2008: 262).

Doğal gaz borularıyla taşınabilen hidrojen enerjisinin diğer kaynaklardan dönüştürülmesi sırasında enerji kaybının fazla olmaması, bu enerjinin verimli olduğunu gösterir (Kınacı ve Yıldız, 2019: 211). Ancak Hidrojen enerjisinin doğal gaz ve petrol gibi diğer yakıtlardan yaklaşık üç kat daha pahalı olması bir dezavantaj olarak görülmektedir (Adıyaman, 2012: 100-101). Bu sebeple hidrojen enerjisinin diğer kaynaklarla rekabet edecek düzeye gelmesi zaman alacaktır.

Dalga enerjisi, denizler ve karalar arasındaki ısı farkından kaynaklanan rüzgarların sebep olduğu enerji türüdür (Adıyaman, 2012: 105; Gülsaç, 2009: 59). Ayrıca, denizin derinliklerinde yaşanan depremler, çökmeler, gel-git gibi doğa olayları da dalgaların oluşmasına sebep olmaktadır (Kara, 2013: 16; Erdoğan, 2020: 27). Dalga enerjisi, genelde dalganın yüksekliğinin 2 ila 3 metre olduğu durumlarda kıyılara ya da açık denizlere kurulan, deniz yüzeyine veya deniz tabanına bağlanan santrallerdeki türbinlerin dalga hareketiyle dönmesi sonucu elde edilmektedir (Adıyaman, 2012: 105; Arık, 2016: 12).

Teknolojinin gelişimiyle; kıyıya yakın, kıyı boyu ve kıyıya uzak alanlarda dalga enerjisinden elektrik üretimi ve enerji depolama işlemleri yapılmaktadır (Adıyaman, 2012: 105-107). Dalga enerjisi temiz, yenilenebilir, uzun ömürlü, yakıt maliyeti olmayan, yerli ve ucuz bir kaynak olduğundan ülke ekonomisine katkı sağlar (Kara, 2013: 17). Ancak Dalga enerjisinin ilk yatırım maliyetinin yüksek olması yatırımcılar tarafından tercih edilmesini zorlaştırır (Çukurçayır ve Sağır, 2008: 268). Bu sebeple dalga enerjisinin belirli bir olgunluk seviyesine ulaşması zaman istemektedir.

2.1.3. Denizcilik sektöründe kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları

Günümüzde denizcilik sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında bir artış olduğu görülmektedir. Gemilerin inşa aşamasından başlamak üzere, gemilerde ve liman alanlarında yenilenebilir kaynaklardan enerji üretimi yapabilecek sistemler geliştirilmektedir. Bu bağlamda Avrupa limanlarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması için büyük yatırımlar yapılmaktadır. Avrupa Deniz Limanları Organizasyonunun (ESPO) 2015 yılında 86 üyesi arasında yaptığı bir ankete göre, ESPO üyesi olan limanların %38'i rüzgar enerjisine yatırım yaparken, %31'i güneş enerjisi için, %26'sı biyokütle için ve %2'si dalga enerjisi için yatırım yapmaktadır (ESPO, 2015; Sdoukopoulos ve diğerleri, 2019: 17).

Limanların yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak ulusal şebekeden bağımsız bir şekilde kendi enerjisini üretmesi ve çevresel duyarlılık göstermesi gönüllülük esasına dayanmaktadır. Rotterdam, Antwerp ve Hamburg gibi Avrupa'nın önde gelen limanları, yeşil liman politikası çerçevesinde ve gönüllülük esasına dayanarak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırmak için farklı çalışmalar yapmaktadırlar (Yapıcı ve Koldemir, 2015). Böylece limanlardan sağlanan elektriğin yenilenebilir kaynaklardan

üretilmesi hem ekonomik hem de çevresel açıdan fayda sağlamaktadır. Gelecek yıllarda yenilenebilir kaynaklarla işletilen gemi konseptleri ve kendi ürettiği elektrik enerjisini kullanan liman konseptlerinin ilgi duyulacak konular olması beklenmektedir.

Limanlarda yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak enerji üretimi yapılması gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır (Boyle, 2004: 6). Ancak yenilenebilir enerjinin bazı türleri, limanların coğrafi ve jeopolitik konumları gibi farklı sebeplerden dolayı bazı limanlarda daha fazla kullanılmaktadır. Örneğin Belçika, Almanya ve Hollanda limanlarında büyük oranda güneş enerjisi üretimi yapılmaktadır (Koldemir ve Yapıcı, 2014).

Günümüzde limanlarda ve gemilerde yenilenebilir enerji kullanımının artması, fosil yakıt kullanımının azaltılması, liman kaynaklı kirliliklerin ve sera gazı emisyonların azaltılması için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO), gemilerin limanlarda kaldıkları süre zarfında gemi bacalarından yayılan emisyonların azaltılmasını Marpol sözleşmesi ile kısıtlamaktadır (Koldemir ve Yapıcı, 2014: 97). Bu bağlamda, gemilerin limanda bulunduğu süre içinde kullanacakları elektrik enerjisinin, kıyıda enerji temini yöntemi olan Kıyı Güç Kaynağı (OPS) ile gemilere elektrik verilmesi sağlanmaktadır. Bu şekilde gemilerin limanda kaldıkları süre zarfında ihtiyaç duydukları enerji şehir şebekesinden sağlanmakta gemi motorları kapatılmakta ve emisyon oranları azaltılmaktadır (Yiğit, 2018: 5). OPS sisteminde kıyıda gemiye sağlanan elektrik enerjisi yenilenebilir kaynaklardan elde edildiği durumlarda mevcuttur. Her iki durumda da liman alanında fosil kaynak kullanımı yapılmaz ve liman kaynaklı kirliliğin azaltılması sağlanır.

2.2.Yenilenebilir Enerjinin Gelişimi

Dünya geneline baktığımız zaman yıllar geçtikçe yenilenebilir enerji üretim santrallerinin sayısının arttığını, teknolojik yeniliklerin de katkısıyla yenilenebilir enerji gelişiminin hızlandığını görmekteyiz.

2.2.1. Dünya genelinde yenilenebilir enerjinin gelişimi

Dünya genelinde hızla artan enerji talebi doğrultusunda, 2030 yılına kadar tüm enerji kaynaklarının kullanımında artış beklenmektedir (Sevdim, 2018: 8). REN21 'in yayınladığı Renewables 2020 Global Status Report (2020 Yenilenebilir Enerji Küresel Durum

Raporu)'na göre: Dünya genelinde yenilenebilir enerji talebinde artış yaşanmaktadır. Ancak yenilenebilir enerjinin toplam enerji talebi içerisindeki oranı 2018 yılında %11'e yükselmiş olsa da bu oran istenen düzeyde değildir. İngiltere'de 2019 yılında yapılan bir araştırmada en yüksek yenilenebilir enerji oranına sahip olan ülkeler arasında ilk on sıraya giren ülkeler aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

Çizelge 2.2. 2019 yılında Dünya'da en yüksek yenilenebilir enerji oranına sahip ilk on ülke

Sıra	Ülke	Kullanılan Yenilenebilir Enerji Yüzdesi (%)
1	Almanya	12,74
2	Birleşik Krallık	11,95
3	İsveç	10,96
4	İspanya	10,17
5	İtalya	8,8
6	Brezilya	7,35
7	Japonya	5,3
8	Türkiye	5,25
9	Avusturalya	4,75
10	ABD	4,32

Çizelge 2.2'ye göre yenilenebilir enerji kullanımında sıralamasında Almanya, Birleşik Krallık ve İsveç ilk üç içinde görülmektedir(Compare the Market; Temiz Enerji).

Dünya genelinde yapılan yenilenebilir enerji uygulamalarına baktığımızda güneş enerjisini en başta görmekteyiz. Güneş enerjisi uygulamaları içinde Almanya ve Japonya fotovoltaik kullanımında ön sırada yer almaktadır (Önal ve Yarbay, 2010: 85). Ayrıca güneş enerjisi üretiminin büyük bir kısmı Avrupa'da bulunan Belçika, Hollanda ve Almanya limanlarında yapılmaktadır (Koldemir ve Yapıcı, 2015). Dünyada rüzgar enerjisi kullanılarak elektrik üreten ilk 15 ülke arasında Çin ilk sırada, Türkiye ise 12. sırada bulunmaktadır (Cihan 2019: 19). Hidroelektrik enerji üretiminde ise Dünya'da üretilen elektrik enerjisinin yaklaşık olarak %16'lık bir kısmı sağlanmaktadır (Erdoğan, 2020: 16). Ancak jeotermal enerjide yaşanan artış hızı diğer yenilenebilir kaynaklara göre daha düşüktür. Jeotermal enerji üreten ülkeler ise ABD, Filipinler, Endonezya, Yeni Zelanda ve Türkiye'dir (Öztürk, 2020: 13). Biyokütle enerjisi ise Hindistan, Çin, Almanya, İsveç ve Finlandiya'da elektrik üretiminde kullanılmaktadır (Erdal, 2011: 77). Hidrojen enerjisi geliştirme çalışmaları özellikle İngiltere, Japonya, ABD ve İzlanda gibi ülkelerde yoğun şekilde devam etmektedir. İzlanda, 2030 yılına kadar enerji ihtiyacının tümünü hidrojen enerjisi ile karşılamak için, hidrojen istasyonları açmayı planlamakta ve hidrojenle çalışan

otomobiller ve otobüsler üretmektedir. Dalga gücünden enerji üretimi ise ABD, Portekiz ve birkaç Avrupa ülkesiyle sınırlı kalmıştır (Adıyaman, 2012: 105).

2.2.2. Türkiye’de yenilenebilir enerjinin gelişimi

Ülkemizde yenilenebilir enerjiden elektrik üretimini sağlamak için yapılan düzenlemeler yenilenebilir enerjiye ivme kazandırmıştır (Yılmaz ve Hotunoğlu, 2015: 78). Bu düzenlemelerin en önemlisi 2003 yılında Enerji Piyasası Denetim Kurulu’nun (EPDK) kurulmasıdır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının (ETKB) hazırladığı Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planında, ülkemizde 2023 yılı için fosil yakıt kullanımının %14 azaltılması ile 2033 yılına kadar 30 milyar Dolarlık tasarruf edilmesi hedeflenmektedir (TSKB, 2021).

Çizelge 2.3. Türkiye’de (2015-2020) yenilenebilir elektrik üretimi gelişimi (MWh)

Kaynak	2015 yılı	2020 yılı 9. Ay itibariyle
Hidroelektrik	67,146	66,377
Rüzgar	11,653	18,645
Güneş	194	9,624
Jeotermal	3,425	6,826
Biyokütle	1,758	3,991
Yenilenebilir	84,175	105,464
Toplam		

Çizelge 2.3.’e göre 2020 yılı 9. ay itibariyle yenilenebilir elektrik üretimi en yüksek olan enerji türü hidroelektrik enerji, en az olan ise biyokütle enerjisidir (TEİAŞ, TSKB, 2020).

Türkiye genel olarak akarsuların hızlı aktığı ve baraj yapmaya uygun bir konuma sahiptir. Ülkemiz, Avrupa’da hidroelektrik potansiyeli bakımından üçüncü sırada yer almaktadır (Evli, 2018: 38). Özellikle Doğu Karadeniz, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri hidroelektrik üretime elverişli bölgelerimizdir (Kınacı ve Yıldız, 2019: 210). Ülkemizde 2020 yılı Nisan ayı itibariyle 685 adet hidroelektrik santrali bulunmakta ve Türkiye’de elektrik üretiminin %42,7’si bu santrallerden karşılanmaktadır (TEİAŞ, 2020; Karaaslan ve Aydın, 2020: 1356).

Türkiye’de rüzgar enerjisi potansiyeli Güney Marmara ve Ege Bölgesinde diğer bölgelere göre daha yüksektir (EİGM, 2020b). Ülkemizin kıyı kesimlerinde bulunan illerin çoğunda (Aydın, Çanakkale, Balıkesir, İstanbul, İzmir, İskenderun, Samsun ve Bartın) rüzgar

enerjisi potansiyeli bulunmaktadır (Serkendiz, Tatlı ve Öztürk, 2018: 784). Türkiye'nin rüzgâr enerji potansiyelinin tümü kullanılırsa, ülkemizin elektrik ihtiyacının yaklaşık yarısı karşılanabilir (Enerjiportali, 2018). 2023 yılı için Türkiye'nin rüzgar türbini kurulu gücünün 20000 MW kapasiteye ulaşması hedeflenmektedir (Koç ve Şenel, 2013: 43).

Ülkemiz coğrafi konumu itibariyle güneşlenme süresi uzun olan bir ülkedir. Ülkemizin yıllık güneşlenme süresi yılda yaklaşık 110 gün olarak hesaplanmıştır (ETKB, 2020). Türkiye'de güneş enerjisi binalar, seralar ve suların ısıtılması, kamu alanlarının aydınlatılması ve zirai ürün kurutulmasında kullanılmaktadır (Yılmaz ve Öziç, 2018: 527). 2020 yılı itibariyle Türkiye'de güneş enerjisinden üretilen elektriğin toplam elektrik üretimi içindeki payı %3,6 oranındadır (EİGM, 2020a).

Türkiye jeotermal enerji potansiyeli olan bir ülkedir. Jeotermal kaynaklarımızın yaklaşık %10'u elektrik üretimine uygundur, %90'nı ise düşük ve orta sıcaklıkta olup doğrudan kullanıma uygundur (Karaaslan ve Aydın, 2020: 1356). Türkiye'de 2020 yılı için jeotermal enerjinin toplam elektrik üretimi içindeki yüzdelik payının %3.25 oranında olduğu görülmektedir (EİGM, 2020c). Yine de mevcut potansiyelin kullanılması için daha çok yatırım olanağı sağlanması gerekmektedir. Ancak kaynak suyun yeterli sıcaklıkta olmaması, üretim yapılan kuyu veya rezervuarlarda çökme riski ve finans sorunları nedeniyle jeotermal enerjiye yeterli yatırım yapılmamaktadır (Adıyaman, 2012: 77).

Türkiye tarımsal ürün ve atık bakımından zengin bir ülke olmasına rağmen, ülkemizde biyo-kütle enerjisi kullanımı henüz yaygınlaşmamıştır (Erdoğan, 2020: 42). Ancak yerli hammadde kullanmak şartı ile biyoyakıt üretimi yapan tesislere ÖTV muafiyeti tanınması biyokütle enerjisinin gelişimini arttırmıştır (Yılmaz; 2012: 46). Özellikle son yıllarda biyokütle enerji üretim tesisleri kurulmakta, atık çöp santralleri ve depolama sistemleri ile metandan çöp gazı üretilmekte, hayvanlardan gübre gaz elde edilmekte, evsel atıklar ayrıştırılmaktadır (Koç ve Kaya, 2015: 43; Evli, 2018: 31-32). Ancak mevcut biyokütle potansiyelinin kullanılması için uygun tesislerin kurulması ve altyapı çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Türkiye'de Karadeniz tabanında hidrojen bulunması sonucu, hidrojen enerjisinde geleceğe dair beklenti oluşturmuştur (Uğurlu ve Algan, 2006: 176). TÜBİTAK ve çeşitli üniversitelerin yaptığı çalışmalarla, enerji ihtiyacı hidrojen ile giderilen mobil evler,

hidrojen yakıtı ile çalışan forklift, scooter ve golf aracı üretimi yapılmıştır (Adıyaman, 2012: 103). Ancak bu çalışmalar ülkemizde hidrojen enerjisinin gelişimi sağlamak için başlangıç adımı olarak nitelendirilmektedir.

Ege Denizi, Marmaris, Finike, İstanbul ve Karadeniz dalga enerjisi üretimi için uygun potansiyele sahip yerlerdir (Kınacı ve Yıldız, 2019: 213). Ancak Türkiye dalga ve akıntı enerjisi bakımından yeterli seviyede gelişim göstermemiştir. Bu durum birazda ülkemizin coğrafi konumuyla ilgilidir. Örneğin Marmara bölgesinde İstanbul ve Çanakkale boğazlarındaki deniz trafiği, bu yerlerdeki akıntı enerjisinden faydalanma imkanını sınırlandırmaktadır (Adıyaman, 2012: 108).

2.2.3. Fosil Kaynak Kullanımından Kaynaklanan Çevresel Etkiler

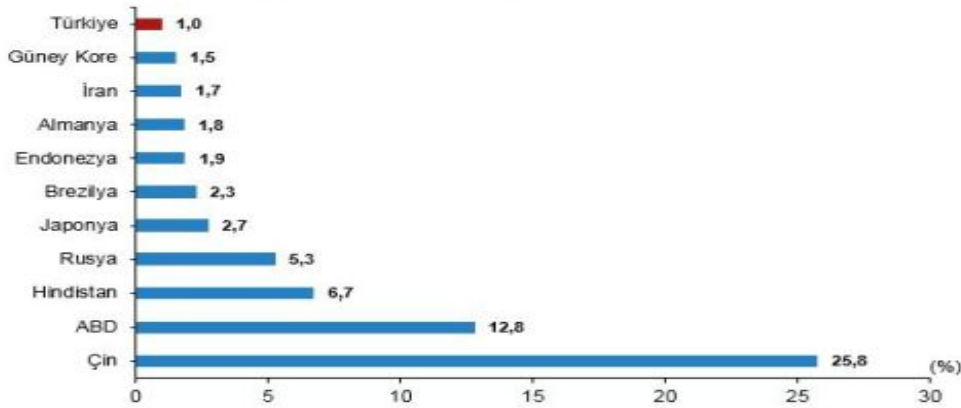
Sera etkisi, fosil yakıtlardan salınan karbon monoksit, karbondioksit, azot oksit ve metan gibi gazların atmosfer tabakasını kalınlaştırmasıdır (Kınacı ve Yıldız, 2018: 207; Akdoğan ve Berksoy, 2018: 20). Kalınlaşan atmosfer tabakası bir sera kaplaması gibi davranmakta ve dünyanın normalden fazla ısınmasına sebep olmaktadır. Sera etkisi sebebiyle her yıl hava sıcaklığının artacağı ve gerekli önlemler alınmazsa yüzyılın sonlarına doğru sıcaklık artışının 2-5°C arasında olacağı tahmin edilmektedir (Aygül ve Baştuğ, 2020: 31).

Dünya'nın ortalama sıcaklığının artması sonucu, buzulların erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, yağış rejiminin değişmesi, sel ya da kuraklık gibi uzun dönemli doğa olayları görülmektedir (Çiftçi ve Cook, 2013: 8; Doğan, Doğan ve Tüzer, 2020: 1455). İklimin normal seyri dışında hava olaylarında yaşanan uzun süreli ve anlamlı değişimlerin önemi, küresel iklim değişikliğinin dikkatle izlenmesi gereken bir durum olduğunu göstermektedir. Ancak fosil yakıtlardan salınan sera gazlarının oluşturduğu iklim değişikliği sorunlarını çözmek küresel bir çaba gerektirmektedir (Brown, 2013).

Uluslararası politikalar ve çevreci yaklaşımların ortak bir düşünce etrafında çalışmalar yapması, çevre kirliliği konusunda büyük ilerleme sağlanmasında etkili olmuştur. Yükümlülük anlamında ilk defa 1992 yılında İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile sözleşmeye taraf olan devletlerden sera gazı salınım miktarlarını azaltmaları için ortak taahhütler istenmiş ve ayrıca 1997 yılında çevresel konularda önemli kararların alındığı Kyoto protokolü imzalanmıştır (Kınacı ve Yıldız, 2019: 208). Son olarak 2016 yılında,

İklim değişikliği ile mücadelede küresel çapta önemli bir adım olan Paris Anlaşması imzalanmıştır. Bu anlaşma ile küresel sıcaklık artışının 2 derecenin altında tutulması hedeflemiştir (Dışişleri Bakanlığı, 2019). Türkiye, Paris anlaşmasına taraf olmuş ve 2015'te yayınladığı Ulusal Katkı Niyet Beyanında (INDC), alınacak tedbirler kapsamında sera gazı salınımını %21 oranında azaltmayı hedeflemiştir (Doğan, 2018: 49).

En çok sera gazı salımı yapan 10 ülke ve Türkiye, 2016



Şekil 2.1. En Çok Sera Gazı Emisyonu Yapan On Ülke

Şekil 2.1.'de 2016 yılı küresel emisyon ölçümlerine göre en çok sera gazı salımı yapan on ülke yer almaktadır. Bu ülkeler içinde % 25,8 emisyon oranıyla Çin birinci sırada, %12, oranıyla ABD ikinci sırada, %6,7 oranıyla Hindistan üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye ise %1,0 oranında küresel emisyonda pay sahibidir (TÜİK, 2021).

Enerji arz güvenliği, enerjinin üretilmesi, iletilmesi ve tüketilmesi faaliyetleri sırasında, ihtiyaca göre yeterli miktardaki kaliteli enerjinin, makul fiyatlarla, kesintiye uğramadan ve çevreye zarar vermeden temin edilmesi şeklinde tanımlanabilir (Ayan ve Pabuçcu, 2013: 95). Elbette bahsi geçen süreçlerin sorunsuz bir şekilde tamamlanması birçok faktöre bağlıdır. Enerji arz güvenliğini tehdit eden coğrafi, ekonomik ve siyasi faktörler önem arz etmektedir. Bu faktörler; fiziksel anlamda enerji kaynağına ulaşılabilirlik, enerji arz fiyatının değişken olması, ülkelerin enerji altyapı sorunları, enerji altyapısına yapılabilecek her türlü tehdit ve saldırı, sel ve deprem gibi doğal afetler, grev, işgal ve savaş gibi sosyal ve siyasi risklerdir (Erdal, 2011: 15). Bu sebeplerle enerjinin yol güvenliğinin sağlanması ve fiyat istikrarsızlığının giderilmesi gibi konulara önem verilmektedir.

Toplumun ihtiyaç duyduğu enerjinin uygun şartlarda temin edilmesi için enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi gerekmektedir (Bozkurt, 2008: 1). Tek bir kaynak türünün diğer kaynaklara oranla daha fazla tercih edilmesi enerji bağımlılığına sebep olacaktır. Yüksek oranda kullanılan kaynağın azalması, kesilmesi, tükenmesi veya devre dışı kalması durumunda oluşacak açığı kapatmanın zorluğu ortadadır. Yenilenebilir enerji projelerinin enerji çeşitliliği ve enerji arz güvenliğini iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu görmekteyiz (Shahbaz, Loganathan, Zeshan ve Zaman, 2015). Ayrıca tek bir kaynak kullanmanın oluşturduğu risk kadar, tek bir ülkeden enerji satın almakta risk taşımaktadır. O halde enerji güvenliğinin sağlanması için hem kaynak bağımlılığının hem de dışa ve tek bir ülkeye olan bağımlılığın azaltılması etkili olacaktır (Çalışkan, 2009: 306). Sonuç olarak çevre dostu, yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile hem dışa bağımlılık azaltılacak hem de kaynak çeşitliliği ve enerji güvenliği sağlanacaktır.

2.3. Yenilenebilir Enerjinin Finansmanı

Yenilenebilir enerji sektörünün gelişimini ve yaygınlaşmasını sağlamak için dünya genelinde çaba gösterilmekte, devletler teşvik ve destek sistemleri geliştirmektedirler.

2.3.1. Güncel yatırım ve finansman modelleri

Yenilenebilir enerji üretiminin maliyetini azaltmak için devletler teşvik ve destek sistemleri geliştirmiştir (Çepik, 2015: 70). Ayrıca uluslararası kuruluşların sağladığı özel fonlar, fosil yakıtlardan vergi alınması ve yenilenebilir kaynak kullanan işletmelerin karbon vergisinden muaf tutulması gibi uygulamalar hem yenilenebilir enerjinin kullanımını arttırmak hem de sera gazı emisyonunu azaltmak amacıyla kullanılmaktadır.

Çizelge 2.4. Güncel yatırım ve finansman modelleri

Düzenleyici Politikalar	Mali Teşvikler ve Kamu Finansmanı
1. Sabit Fiyat Garantisi	1. Yatırım veya Üretim Vergi İndirimleri
2. Prim Garantisi	2. Vergi muafiyeti ve istisnaları
3. Kota Yükümlülükleri Sistemi (Yenilenebilir Port folyo Standardı)	3. Kamu tarafından sağlanan krediler, hibeler, sermaye sübvansiyonları ve İndirimleri
4. Yeşil Sertifika	4. Enerji Üretim Ödemesi
5. İhale Sistemi	
6. Net faturalandırma/Net Ölçüm Sistemi (sayaç ölçümüne dayalı model)	

Çizelge 2.4'te görüldüğü gibi yenilenebilir enerjinin kullanımını arttırmak için uygulanan teşvik programları Düzenleyici teşvikler ve Mali teşviklerdir (Kınacı ve Yıldız, 2018: 213). Düzenleyici teşvikler kaynağın türüne, yatırımın teknolojik durumuna ve kurulu gücün kapasitesine göre belirlenmekte, mali teşvikler ise düzenleyici teşviklerin desteklenmesi amacıyla kullanılmaktadır (Akdağ ve Gözen, 2019: 140-141).

Çizelge 2.5. Seçilmiş bazı ülkelerde kullanılan yatırım ve teşvik modelleri

Ülkeler	Sabit Fiyat Garantisi	Prim Garantisi	Yeşil Sertifika	İhale Sistemi	Net Sistem	Ölçüm Sistemi
Almanya	+	+		+	+	
Çin	+		+			
ABD-Batı	+				+	
ABD-Doğu					+	
Slovakya	+					
İsveç			+			
İrlanda	+					
Fransa	+			+		
Avusturalya			+		+	
Japonya	+					
Türkiye	+			+	+	

Çizelge 2.5.'te, bazı ülkelerin kullandığı teşvik ve destek sistemleri verilmiştir. Tabloya göre teşvik modellerinin dünya genelinde oldukça geniş bir uygulama alanı olduğu, bir modelin hem tek başına hem de diğer modellerle beraber kullanılabildiği görülmektedir. Özellikle sabit fiyat garantisinin ülkelerin çoğunluğu tarafından tercih edildiğini görmekteyiz (Akdağ ve Gözen, 2019).

a. Düzenleyici teşvikler

Sabit Fiyat Garantisi, üretilen elektriğin sabit bir fiyattan belirli bir süre için (ortalama 10 ila 20 yıl arası) satın alınacağını garanti eden bir sistemdir (Ülgen, 2018: 44). Yatırımın başlangıcında verilerek yatırım maliyetinin düşmesini ve üretilen enerjinin sabit bir fiyattan alınmasını garanti eder (Bayraç ve Çildir, 2017: 207; Kınacı ve Yıldız, 2018: 213). Alım fiyatı belirlenirken, yatırımın teknolojik rekabet gücü dikkate alınarak düzenli bir fiyat ayarlaması yapılır (Ülgen, 2018: 44). Bu şekilde yatırım maliyeti azaltılarak yatırımcıya destek olunur. Ancak işletme ve bakım maliyeti yüksek olan yatırımlar için bu garanti sisteminin uygun olup olmadığı tartışılabilir bir konudur. Sabit fiyat garantisi, Almanya, Litvanya, Macaristan, Bulgaristan gibi AB ülkelerinde yenilenebilir enerjinin

gelişimini destekleyecek bir finans kaynağı olarak kullanılmaktadır (Brown, 2013; Bayraç ve Çildir, 2017: 207).

Prim Garantisi, yenilenebilir enerji üretimi yapan işletmelerin ürünlerini piyasaya satıp, piyasa fiyatı ile satış fiyatı arasındaki farkı prim olarak almaları esasına dayanan bir sistemdir (Ulusoy ve Daştan, 2018: 133). Ancak Prim garantisinde satın alma garantisi bulunmasına rağmen önceden belirlenen sabit bir son fiyat yoktur. Burada fiyatlar en yüksek piyasa fiyatının üzerine bir prim eklenerek belirlenir (Bayraktar ve Kaya, 2016: 6). Prim garantisi sistemi; Danimarka, İspanya, Estonya, Slovenya ve Çek Cumhuriyeti'nde de kullanılmaktadır (Bayraç ve Çildir, 2017: 207).

Kota Yükümlülükleri Sistemi, yenilenebilir enerji üretimi yapan işletmeler için kullanılan ve elektriğin üretim miktarına bir kota sınırı uygulayan bir sistemdir (Couture, Cory, Kreycik ve Williams (2010). Bu sınır ile üretilen/tüketilen elektrik enerjisinin belirlenmiş bir bölümünün yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi zorunlu tutulmaktadır (Kınacı ve Yıldız, 2018: 213). Bu sistemde işletmelere yenilenebilir enerji üretimini belgeleyen sertifikalar verilmektedir. Kotasından fazla üretim yapan işletmeler bu sertifikaları kotasını dolduramayan işletmelere satarak ek gelir kazanmaktadır (Bayraç ve Çildir, 2017: 208; Ulusoy, 2017: 134). Kota Yükümlülükleri Sisteminin başlıca iki bileşeni yeşil sertifika ve ihale sistemidir.

Yeşil Sertifikalar, yenilenebilir enerji üretiminin belgelenmesini ve takip edilmesini sağlayan, elektriğin üretim zamanından ve ticari olarak el değiştirmesinden bağımsız olan araçlardır (Ülgen, 2018: 47). Bu sistemde işletme ürettiği/tükettiği her 1 MWh yenilenebilir elektriğe karşılık bir yeşil sertifika almaktadır (Çelikkaya, 2017: 68-69). Yeşil sertifikaların, yenilenebilir enerjinin gelişmesi için tek başına yeterli olduğu söylenemez ancak bu sertifikalar uluslararası ticarete geçiş için önemlidir (Espey, 2001). İşletmeler kota fazlası sertifikalarını, kotasını dolduramayan işletmelere satarak ticari gelir sağlayabilir (Çelikkaya, 2017: 68-69). Yeşil sertifikaların alışverişi rekabet ortamında gerçekleştiğinden dışarıdan herhangi bir müdahale söz konusu değildir. Böylece yenilenebilir enerjiye serbest piyasa ortamında rekabet etme gücü kazandırılır.

İhale Sistemi, yenilenebilir enerjinin gelişimini teşvik etmek için kullanılan ve işletmelerin yaptığı tekliflerin değerlendirildiği bir teşvik sistemidir (Brown, 2013). Bu sistemde ihaleyi

alan işletme ile uzun süreli bir sözleşme yapılmakta, üretilen elektrik piyasa fiyatından satılırken arada oluşan fark hükümet tarafından ödenmektedir (Ülgen, 2018: 50; Akdağ ve Gözen, 2019: 146). Yapılan tekliflerin uygulanabilirliği hem projenin hem de ihale sisteminin başarısını gösterecektir. Ancak düşük fiyatla yapılan teklifler projelerin uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Bu sebeple İngiltere birçok projenin yarım kalması nedeniyle 2003 yılında bu sistemden vazgeçmiştir (Çelikkaya, 2017: 69).

Net faturalandırmada, üretilen elektrik ile tüketilen elektrik birbirinden bağımsız olarak faturalandırılıp, tarife garantisi ile üretilen elektriğin tamamı satılmaktadır (Akdağ ve Gözen, 2019: 147-152). Net ölçüm sisteminde ise ticari binalar, okullar ve evler gibi küçük ölçekli yapılarda tüketicinin yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik üretmesi hedeflenmektedir. (Ulusoy, 2017: 134; Çelikkaya, 2017: 69). Bu sistem tüketicuyu aynı zamanda elektrik üreticisi konumuna getirmektedir, üretilen elektrik sisteme aktarılırken ölçüm yapılarak tüketicieye kredi tanımlanmaktadır.

b. Mali Teşvikler ve Kamu Finansmanı

Devletler yatırımcıları yenilenebilir enerjiye dayalı üretime yönlendirmek için çeşitli vergi indirimleri uygulamaktadır. örneğin AB ülkelerinde yenilenebilir enerjinin teşviki için kullanılan vergi indirimleri şunlardır; KDV indirimi, emlak vergisinden muafiyet, AR-GE indirimi, gelir ve kurumlar vergisi indirimi, yenilenebilir yakıtların karbon vergisinden muaf tutulması, yatırım kredisi, vergi erteleme, yatırım indirimi ve hızlandırılmış amortisman gibi indirimlerdir (Kınacı ve Yıldız, 2018: 214-215).

2.3.2. Denizcilik sektöründe kullanılan teşvik uygulamaları

Yeşil liman sertifikası, dünyanın pek çok limanı arasında bir saygınlık unsuru olan ve limanların rekabet üstünlüğüne sahip olmalarına katkı sağlayan belgelerdir (TÜRKLİM, 2019). Yeşil sertifika alan limanlarımızın sayısı yirmiden fazla olmakla beraber bu sayı yeterli seviyede değildir. Sadece konteyner limanı olarak değil farklı türde yüklerin elleçlendiği diğer limanlarımız da yeşil sertifika olarak teşviklerden yararlanmaktadırlar. Bu limanlar, Aksa Limanı, Altıntel Limanı, Bodrum Kruvaziyer Limanı, Borusan Limanı, Ege Port, Evyapport, Hopaport, Kumport, Limakport, Limaş Limanı, Mardaş, Marport,

Petkim Limanı, Solventaş, Nempport, Efesanport, Port Akdeniz, Poliport, Samsunport ve Yılport olarak sıralanmaktadır (TÜRKLİM, 2019).

Dünya limanlarına baktığımızda yenilenebilir enerji kullanımını arttırmaya yönelik çeşitli teşvik uygulamaları yapıldığını görmekteyiz. Özellikle Almanya, Hollanda, Polonya, Finlandiya, İngiltere ve Fransa gibi Ecoports'ların bulunduğu ülkelerde bu desteklerin arttığı görülmektedir. Bu bağlamda AB limanlarında yenilenebilir enerji kaynağı kullanımının yaygınlaşması için çeşitli teşvik ve destek programlarının uygulandığı görülmektedir (Tezcan ve Kuleyin, 2017). Örneğin Rotterdam limanına Avrupa birliğinden MAGPIE projesi kapsamında gemiler için yenilenebilir yakıt (örn. LNG, Hidrojen vb.) dolmuş istasyonları inşası ve yeni tip elektrikli demiryolu lokomotiflerinin liman sahası içinde kullanımı projeleri desteklenmektedir. (MAGPIE, 2021). Yine 2018 yılında Cenova Limanında uygulanmakta olan E-Bridge projesi AB finansmanı almıştır. Bu proje ile terminal ve liman kapılarının otomasyonu ve liman araçlarının optimizasyonu sağlanmaktadır (Ports of Genoa, 2020b). Ayrıca Cenova Limanı'nın genişletilmesi için sağlanan bir başka finansman Avrupa Yatırım Bankası (EIB)'dan gelmiştir. Bir başka örnek 2016 yılında Santa Cruz De Tenerife Limanı'nın başlattığı e-ADA(Sürdürülebilir Elektrikli Hareketlilik Planı) için Avrupa fonu alınmıştır (Sdoukoupoulos ve diğerleri, 2019).

3. LİMANLARDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE YEŞİL LİMAN

3.1. Verimlilik Kavramı

Verimlilik bir işletmenin, hizmet veya mal üretimi yaparken, sahip olduğu kaynakları ne ölçüde iyi kullandığını gösteren bir kavramdır. Bir faaliyetin gerçekleştirilmesi için en az girdi ile kaliteli bir çıktı elde etmek verimliliktir (Arslan, 2002: 3). Verimlilik, işveren için daha fazla kar, işçi için daha fazla ücret ve devlet için daha fazla vergi sağlamanın birleşimini oluşturur. Bu faktörlerin ortak sonucu verimlilik olarak tanımlanmaktadır.

Enerji verimliliği ise üretilen ürün miktarı veya hizmet birimi başına harcanan enerji miktarının azaltılmasıdır (Yılmaz, 2021: 1). Enerji verimliliğinin önemi son yıllarda birçok alanda kendini göstermiştir. Fosil kaynak rezervlerinin azalması, alternatif kaynakların maliyetinin henüz yüksek olması, artan enerji talebinin fiyatları tırmandırması gibi etkenler enerjinin verimli kullanılması gereğini doğurmuştur (Bozkurt, 2008: 16). Bu bağlamda günümüzde üretilen teknolojik araçların enerji verimliliği sağlamaya yönelik tasarlandığını ve farklı enerji kaynağı kullanan hibrit sistemlerin oluşturulduğunu görmekteyiz. Yapılan bütün bu çalışmalar enerji verimliliğini arttırmayı hedeflemektedir (Aydın, 2016: 411; Karakaya, 2017: 27). Ayrıca sahip olduğumuz enerji kaynaklarının gereği kadar kullanılması ve korunması da sağlanmalıdır. Enerji kaynağı kullanımı söz konusu olduğunda öncelikle enerji israfının önlenmesi ve gelecek nesillerinde bu kaynaklara ihtiyaç duyacağının öngörülmesi önem arz etmektedir.

3.1.1. Limanlarda enerji verimliliği

Küresel anlamda limanlarda enerji verimliliğini sağlamak için alınan önlemlerin başında gemilerde kullanılan yakıt miktarının azaltılması gelmektedir (IMO, 2009). Bu bağlamda yapılan çalışmalar gemi kaynaklı emisyonların miktarını düşürme çabası taşımaktadır. Ayrıca limanlarda enerji verimliliğinin sağlanması için “enerji tasarrufu çalışmaları, sera gazı azaltımı çalışmaları ve enerji verimliliği projeleri” uygulanmaktadır. Bu bağlamda denizcilik sektörü, enerji verimliliği ve enerji yönetimi alanında uluslararası bazı düzenlemeler yapmıştır (Tezcan ve Kuleyin, 2017).

3.1.2. Denizcilikte kullanılan enerji verimliliği terimleri

Denizcilik sektöründe enerji verimliliğinin etkinliğini arttırmak için enerji yönetim planı uygulamaları, çeşitli uluslararası standartlar ve göstergelere uygunluğun sağlanması gibi çeşitli önlemler alınmaktadır.

Gemi Enerji Verimliliği Yönetim Planı (SEEMP)

SEEMP, gemilerde enerji verimliliği sağlamaya yönelik tedbirlerin alınmasını, gemi kaynaklı çevresel zararın azaltılmasını ve gemideki personelin eğitimi gibi uygulamaları kapsayan bir plandır (Erdoğan, 2019: 33). Marpol sözleşmesine göre “Kapasitesi 400 GT üzerinde olan ve uluslararası yolculuk yapan gemilerin SEEMP uygulaması zorunludur.” SEMP şartlarına uyan gemilere "Uluslararası Enerji Verimliliği Sertifikası" verilmektedir (Yılmaz, 2021: 43). SEEMP dört adımda (Planlama, Uygulama, İzleme, Öz değerlendirme ve iyileştirme) uygulanmaktadır (Erdoğan, 2019: 33). Planlama safhasında, geminin enerji kullanımı, gemide enerji verimliliği önlemleri, insan kaynakları ve hedef belirlenir (Erdoğan, 2019: 33-34; Yılmaz, 2021: 43). Uygulama safhasında, önlemlerin nasıl uygulanacağı ve sorumlu kişilerin kimler olduğu belirtilmektedir. Öz değerlendirme safhasında ise enerji verimliliği önlemlerinin etkinliği gösterilmektedir (Tran, 2017: 57).

Enerji Verimliliği Dizayn İndeksi (EEDI)

EEDI, gemi kapasitesine göre doğaya salınan CO₂ oranının azaltılması için gemide kullanılan fosil yakıt miktarının azaltılmasını hedeflenmektedir (Tokuşlu, 2019: 3-52). EEDI' nin temel amacı, 400 gros ton ve üzeri kapasiteli tüm yeni gemilerde, dizel-elektrik türbin ve hibrit sevk sistemi kullanımını arttırmak, geminin CO₂ emisyon oranını ölçmek ve gemi enerji verimliliğini sağlayan teknolojileri teşvik etmektir (Yılmaz, 2021: 38). EEDI' nin küçük olması yani CO₂ salınım miktarının azaltılması enerji verimliliğinin sağlandığının bir kanıtı olarak değerlendirilmektedir. EEDI düşük karbon içeren yakıt kullanımını arttırmak ve toplumsal faydayı sağlamak için düzenlenmiştir.

IMO, EEDI ölçümleri için 2000 ile 2010 yılları arasında yeni inşa edilmiş gemilerin verimlilik istatistiklerini esas almıştır. Enerji verimliliğinin İlk olarak %10 olması, 2030 yılına kadar %30'a yükseltilmesi ve 2050 yılına kadar %50 oranında yükseltilmesi

hedeflenmiştir (Tokuşlu, 2019: 53). Yeni teknoloji ile üretilen gemilerde yakıt tasarruf oranının %25 ila %75 arasında olduğu görülmüştür (Bo, Mihardjo, Dahari, Abo-Khalil, Al-Qawasmi, Mohamed, and Parikhani, 2021). Yapılan çalışmalarda gemi hızının yarıya düşürülmesinin CO₂ salınımını %70 oranında azalttığı, ancak hız değerinin belli bir seviyenin altına düşmesinin taşımacılık maliyetini arttırdığı görülmüştür (Yılmaz, 2013: 59). Denizcilik sektöründe görülen yakıt tüketim miktarını düşürme çabası enerji verimliliğinin etkinliğini arttırmaktadır.

Enerji Verimlilik Operasyonel Göstergesi (EEOI)

EEOI, gemi operasyonlarında taşıma işi birimi başına doğaya salınan CO₂ kütlesinin oranının hesaplanmasını ve sınırlandırılmasını amaçlamaktadır (Erdoğan, 2019: 37). EEOI hesaplanırken, geminin kullandığı yakıt türü, sefer sayısı, birim zamanda tüketilen yakıt miktarı, taşınan kargo miktarı ve deniz mili cinsinden alınan mesafe gibi parametreler bilinmelidir (Yılmaz, 2021: 41-42). Belirlenen parametrelere göre geminin enerji verimliliğine olan katkısı hakkında bir tahminde bulunulur. Geminin EEOI değerinin küçük olması enerji verimliliğinin yüksek olduğunu gösterir (Tokuşlu, 2019: 55). EEOI, bir geminin enerji verimliliğini sayısal ifadelerle göstermek için kullanılan uluslararası bir analizleme aracı olarak enerji verimliliğinin etkinliğini arttırmaktadır. Geminin operasyonel performansını takip etmeye yarayan EEOI ile hesaplanan ve geminin taşıma işi başına yaydığı karbondioksit emisyonunun kütle miktarına olan oranı gemi verimliliğini belirlemektedir (Aygül, 2021: 18).

3.1.3. Deniz Taşımacılığı Kaynaklı Kirliliklerin Azaltılmasını Amaçlayan Yönetmelikler

Günümüzde deniz taşımacılığı hacminin hızla artması liman operasyonlarından kaynaklanan emisyon oranlarını arttırmaktadır. Ancak deniz ticaretinin ekonomik kazanç odaklı tüm faaliyetlerinde çevresel hassasiyetlere uymak gerekmektedir (Köseoğlu Solmaz; 2019: 35). Bu bağlamda **Marpol Sözleşmesi** özellikle deniz kazaları ve gemi operasyonlarına bağlı sebeplerle deniz çevresinin kirlenmesini önlemek için hazırlanmıştır (Yılmaz, 2019: 70). Bu sözleşmenin ekleri ve eklerin yürürlüğe girdiği tarihler aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.1. MARPOL 73/78 sözleşmesinin ekleri

MARPOL 73/78 Ekleri	Yürürlük tarihi	Başlık
Ek I	2 Ekim 1983	Petrol Kirliliğinin Önlenmesine İlişkin Yönetmelik Deniz kazalarından ve gemilerin operasyonel faaliyetlerinden kaynaklanan petrol kirliliğinin önlenmesine ilişkin kuralları kapsar. 1992’de yapılan değişikliklerde, yeni yapılan petrol tankerlerinin çift cidarlı olması zorunluluğu getirilmiş, ayrıca balast tankları, petrol yıkama sistemleri, atıl gaz sistemi, atık su ve sintine suyu basılması ile ilgili kurallar tanımlanmıştır.
Ek II	2 Ekim 1983	Denizde Dökme Halde Taşınan Zehirli Sıvı Maddelerden Kaynaklı Kirliliğinin Kontrolüne Dair Düzenleme Gemilerde dökme halde taşınan zehirli sıvı maddelerden kaynaklanan kirliliğin engellenmesine yönelik kuralları kapsar. Yönetmelik, atıkların tehlike derecesine göre sınıflandırılarak atık alım tesislerine aktarılmasına ve en yakın karanın 12 mil yakınında zararlı atıkların boşaltılmayacağına düzenlemeleri içerir.
Ek III	1 Temmuz 1992	Denizde Paketli Halde Taşınan Zararlı Maddelerden Kaynaklı Kirliliğin Önlenmesine Dair Düzenleme Ek III’ün Ekindeki kriterlere göre “zararlı maddeler” olarak tanımlanan deniz kirleticilerinin, paketleme, etiketleme, istifleme, dokümantasyon, markalama ve miktar sınırlaması ile ilgili standartları içerir.
Ek IV	27 Eylül 2003	Gemi Kaynaklı Pis Su Kirliliğinin Önlenmesine Dair Yönetmelik Bu yönetmelik kanalizasyon yoluyla denizin kirletilmesinin önlenmesine yönelik tedbirleri ele alır. Yönetmeliğe göre gemi kaynaklı kanalizasyonların denize boşaltılması yasaklanmış, dezenfekte edilemeyen atıkların karadan 12 deniz mili mesafeden daha uzak yerlerde boşaltılması için düzenlemeler yapılmıştır.
Ek V	31 Aralık 1988	Gemi Kaynaklı Çöp Kirliliğinin Önlenmesine Dair Yönetmelik Bu yönetmeliğin en önemli özelliği, her çeşit plastik malzemenin denize atılmasını tamamen yasaklamasıdır. Gemi kaynaklı oluşan çöplerin sınıflandırılması ve bertaraf edilmesine yönelik kuralları içerir.
Ek VI	19 Mayıs 2005	Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Önlenmesine İlişkin Kurallar Yönetmelikle, uluslararası deniz ticareti taşımacılığı kaynaklı sera gazı emisyon oranlarını düşürmek için zorunlu enerji verimliliği önlemleri kabul edilmiştir. MARPOL Ek VI armatörler ve operatörler için geçerli olan, gemi baca salınımları ilgili yükümlülükler, sera gazları emisyonları oranları ve emisyon kontrol alanları ilgili hükümleri kapsamaktadır.

Çizelge 3. 1.’e bakıldığında Marpol Sözleşmesinin petrol kirliliği, zehirli sıvı madde kirliliği, su kirliliği, paketli madde kirliliği, gemi kaynaklı çöp ve hava kirliliğine dair maddeleri içerdiğini görmekteyiz (Yılmaz, 2019; IMO, 2021).

IMO 2013 yılında yayınladığı Marpol Ek IV ile sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması ve gemi emisyonlarının ölçülmesi üzerinde çalışmalar yapmıştır (Yılmaz, 2013: 59; Yılmaz, 2019: 71). Marpol Ek IV uluslararası gemileri, sondaj ünitelerini ve 400 gros ton

ve üstü tonajda olan tüm platformları kapsamaktadır. Ayrıca gemilerde kullanılan yakıtların kükürt oranını sınırlandırmakta ve özel emisyon kontrol alanları belirlemektedir (Yılmaz, 2021: 5). Bu yönetmelikten sonra uluslararası deniz taşımacılığında kaynaklanan emisyon oranlarını azaltmak için özel emisyon kontrol alanları oluşturulmuştur. *Kükürt Emisyon Kontrol Alanı (SECA)*; IMO 2008 yılında İngiliz Kanalı, Kuzey Denizi ve Baltık Denizini, gemilerden kaynaklanan SO_x emisyonunu azaltmak için kükürt emisyon kontrol alanı olarak tanımlamıştır. *Emisyon Kontrol Alanı (ECA)*: IMO 2010 yılında Kanada ve ABD kıyılarını, gemi kaynaklı NO_x emisyonunu azaltmak için emisyon kontrol alanı olarak tanımlamıştır (Yılmaz, 2021: 38).

3.2. Yeşil Liman

Yeşil liman gönüllülük esasına dayanan, liman tesisinin gelişimini sağlayan ve çevresel duyarlılığı olan limandır (Ateş ve Akın, 2014). Sürdürülebilir liman altyapısına sahip, doğaya zarar vermeyen, paydaşların ihtiyaçlarına etkin ve verimli bir şekilde cevap veren limandır. Aynı zamanda liman faaliyetleri ile mevcut neslin ihtiyaçlarını karşılarken gelecek nesillerin de ihtiyaçlarını göz önünde bulunduran limandır (Korucuk ve Memiş, 2019: 135-136). Yeşil Liman kavramı ayrıca çevre yönetimi, çevre ekonomisi, çevresel performans ve çevresel sürdürülebilirlik gibi konuları da kapsamaktadır (Yılmaz, 2019: 69). Bu bağlamda yeşil liman uygulamaları ile deniz taşımacılığı sırasında yapılan liman faaliyetlerinin sebep olduğu çevresel etkileri azaltmak amaçlanmaktadır. Bu bağlamda uluslararası deniz ticaretinin yapıldığı limanların çevresel etkilerinin azaltılması için yeşil liman kavramının geliştirildiği belirtmiştir (Chengpeng, Di, Xingping, Zaili, 2018: 431).

Günümüzde liman faaliyetlerinde sürdürülebilir moda geçilmesi hedeflenmektedir (Akın, 2020: 14). Bu bağlamda yeşil limanlarda geri dönüşüm politikası uygulamaları, yenilenebilir enerji üretimi, alternatif yakıt kullanımı ve enerji verimliliği çalışmaları yapılmaktadır (Mataracı, 2016: 5-63). Yeşil limanlarda liman emisyonlarının azaltılması, enerji tasarrufunun sağlanması, su ve hava kalitesinin artırılması, atık yönetiminin sağlanması ve çevresel performansın iyileştirilmesi için önlemler alınmaktadır (Satır ve Sağlantı, 2018: 121). Alınan önlemlerle limanlarda yapılan operasyonların sebep olduğu kirliliklerin azaltılması hedeflenmektedir. Limanların sürdürülebilir gelişimi kapsamında limanların mevcut ihtiyaçları karşılanırken, gelecek nesillerin ihtiyaçlarından

ödün verilmemesi ve ayrıca limanların gelişiminde sosyal, çevresel ve ekonomik imkanlar arasında dengenin sağlanarak faaliyet gösterilmesi gerekmektedir (ESPO, 2012: 10-15).

3.2.1. Uluslararası yeşil liman mevzuatları

Denizcilik sektöründe, limanlarla ilgili yapılan ulusal veya uluslararası anlaşmalar ve alınan kararlar sonuç olarak yeşil liman kavramını ortaya çıkarmıştır.

Çizelge 3.2. Yeşil limanlar ile ilgili uluslararası mevzuatlar

YIL	MEVZUAT	YIL	MEVZUAT
1964	Harbours Act	1996	ESPO-Ecoport Proje Başlangıcı
1972	London Convention	2001	EMAS 2 eklemeleri
1973	MARPOL	2004	ISO 14001:2004
1990	Environmental Protection Act EPA	2009	EMAS 3 eklemeleri
1994	ESPO Çevresel Uygulama Tüzüğü	2012	ESPO Green Guide
1995	EMAS 1,	2015	ISO 14001:2015

Çizelge 3.2.'de Yeşil limanlar ile ilgili uluslararası mevzuatların Harbours Limanlar Sözleşmesi (1964) ile başlayarak ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Standardının (2015) revize edilmesine kadar bir süreci kapsamaktadır (Köseoğlu ve Solmaz, 2019).

-Limanlar Sözleşmesi (Harbours Act, 1964) ile liman idarelerinin sürdürülebilir gelişimi için liman gelişimi kontrol sistemi kurulması ve liman faaliyetlerine hazine yardımı yapılması ve sağlanmıştır (Köseoğlu ve Solmaz, 2020: 39).

-Londra Sözleşmesi (London Convention, 1972), denizlere boşaltılan atık maddelerin oluşturduğu deniz kirliliğinin önlenmesi amaçlanmıştır (Köseoğlu ve Solmaz, 2020: 39).

-MARPOL Sözleşmesi (1973), ile gemi kaynaklı deniz kirliliğinin ve liman kaynaklı kirliliğinin azaltılması amaçlanmıştır (Köseoğlu ve Solmaz, 2020: 39).

-Çevre Koruma Yasasıyla (Environmental Protection Act-EP,1990), limanlarda kirliliğin izlenmesi ve atıkların tanzimi ilgili kuralları içerir (Köseoğlu ve Solmaz, 2020: 39-40).

-Biyolojik Çeşitlilik Konvansiyonu (Convention on Biologic Diversity, 1992) ile biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği ve genetik kaynakların kullanılması ile ilgili düzenlemeler yapılmıştır (Matarcı, 2016: 9).

-ESPO Çevresel Uygulama Tüzüğü (The ESPO Environmental Code of Practice) 1994 yılında yayınlanmıştır.

-Avrupa Eko-yönetim Denetleme Sistemi (EU Eco-Management and Audit Scheme-EMAS, 1995) etkin hale gelmiş, 2001 ve 2009 yıllarında yapılan eklemelerle, limanlarda çevre yönetim sistemi kullanılarak başarı sağlanmıştır (Köseoğlu ve Solmaz, 2020: 40).

-Ecoports platformu (1996), limanlardaki çevresel risklerin belirlenmesi ve bu risklerin Avrupa ortalaması ile mukayese edilmesi çalışmaları yapılmıştır (Yılmaz, 2019: 69).

-ISO 14001 Çevre Yönetimi Sistemi Standardı (ISO 14001) ile doğal kaynakların korunması, kirliliğin kontrol altına alınması ve enerji tasarrufunun sağlanması hedeflenmiştir (Mataracı, 2016: 10). 2015 yılı revizyonuna göre ISO 14001: 2015 bütün kuruluşlar için geçerlidir ve yeşil limanların uluslararası kurallara uygunluğunun artırılması, enerji yönetimi ve atık kontrolü konularını kapsar (Yılmaz, 2019: 41-42).

-Yeşil Rehber (ESPO Green Guide), 2012 yılında ESPO tarafından yayınlanmıştır. Yeşil rehberin hedefi limanların çevresel performansını artırma ve sürdürülebilir gelişimini sağlamanın yanında her limanın özel değerlendirilmesini sağlamaktır (ESPO, 2012: 4-6).

3.2.2. Deniz taşımacılığının çevresel etkileri

Eko liman yaklaşımına göre limanlarda sürdürülebilir bir taşımacılık için liman operasyonlarının çevresel etkilerinin azaltılması ve enerji tasarrufunun sağlanması gerekmektedir (Yılmaz, 2019: 65). Bu bağlamda IMO' nun Deniz Çevresini Koruma Komitesi 2018 yılı Nisan ayında yaptığı 72. Oturumunda gemilerden kaynaklanan sera gazı oranlarının aşamalı olarak ortadan kaldırılması amaçlanmıştır (IMO, 2019).

Bu stratejiye göre: Yeni üretilen gemilerin karbon yoğunluğunun azaltılması için EEDI gereklerinin belirlenmesi ve eski gemilerde iyileştirilmeler yapılması, 2030 yılına kadar Uluslararası deniz taşımacılığında ortalama olarak nakliye işi başına karbondioksit emisyonunun en az %40 azaltılması ve Paris Anlaşması gereğince uluslararası deniz

taşımacılığında kaynaklanan sera gazı emisyon oranının 2008 yılına kıyasla 2050 yılına kadar en az %50 oranında azaltılması hedeflenmiştir (IMO, 2019).

Dünyanın yıllık emisyon oranlarına bakıldığında, gemilerden kaynaklanan gazlardan kükürtdioksit (SO_x) oranı %13 ve karbondioksit (CO₂) oranı %2,6'lık kısmını oluşturmaktadır (Yılmaz, 2019: 66). Özellikle deniz taşımacılığında kaynaklanan emisyon oranı en fazla olan on liman OECD üyesi olan ülkelere ait limanlardır. Ayrıca emisyonların çoğunun Asya ve Avrupa ülkelerinde oluştuğu ve yaklaşık %85'inin tankerlerden ve konteyner gemilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Merk, 2014: 4-37).

Çizelge 3.3. Dünya limanları içinde karbondioksit (CO₂) ve kükürtoksit (SO_x) emisyon oranı en fazla olan on liman

CO ₂ emisyonu fazla olan on liman	Toplam içindeki payı	SO _x emisyonu fazla olan on liman	Toplam içindeki payı
1. Singapore	%5,9	1.Singapore	%6,5
2. Hong Kong	%2,2	2.Hong Kong	%2,3
3. Rotterdam	%2,0	3. Port Klang	%2,2
4. Port Klang	%1,9	4. Tianjin	%2,1
5. Tianjin	%1,8	5. Shanghai	%2,0
6. Shanghai	%1,7	6. Fujairah	%2,0
7. Fujairah	%1,7	7. Busan	%1,7
8. Busan	%1,4	8. Kaohsiung	%1,6
9. Kaohsiung	%1,4	9. Ulsan	%1,0
10.Antwerp	%1,2	10.Beilun	%0,9
Toplam	%19	Toplam	%22,3

Çizelge 3.3.'te Dünya limanları içinde Singapore ve Hong Kong limanları CO₂ ve SO_x emisyon oranı en fazla olan on liman içinde ilk iki sırada yer almaktadır(Merk, 2014: 20).

Deniz taşımacılığında yapılan faaliyetler üç bölüme ayrılır. Bu faaliyetler sırasıyla: *Limanlarda yapılan faaliyetler*; manevra, yükleme-boşaltma operasyonları, deniz dibi taraması, kara trafiği, atık bertarafı, liman genişlemesi/altyapı inşaatı ve onarım işleri, yakıt birikintileri, balast suyu deşarjı, pis su deşarjı, dökme yük elleçlemesi ve yük hareketleri, endüstriyel faaliyetler ve döküntüler. *Denizde yapılan faaliyetler*; seyir, illegal deşarj, pis su deşarjı ve döküntüler. *İnşa aşamasında yapılan faaliyetler*; gemi boyama, metal işçiliği ve gemi sökümüdür (Jastrzabek ve diğerleri, 2018). Yapılan bu faaliyetler çevre kirliliğine sebep olmakta, doğal kaynakların tükenmesini hızlandırmakta ve liman kentlerinde olumsuz çevresel etkilere sebep olmaktadır.

3.3. Enerji Verimliliği Kriterlerinin Belirlenmesi

Günümüzde liman operasyonlarında büyük miktarlarda enerji kullanılmakta ve kullanılan enerji ile orantılı olarak sera gazı salınımı yapılmaktadır. Liman operasyonları ve gemi kaynaklı sera gazı emisyonlarının artması çevresel kirliliği arttırdığı kadar enerji verimliliğini de azaltmaktadır. Bu sebeple liman operasyonları gerçekleştirilirken harcanan enerji miktarının ve emisyon oranlarının azaltılmasını sağlayan uygulamalar tercih edilmektedir. Bu bağlamda yapılan uygulamalar aynı zamanda enerji verimliliği üzerinde olumlu etkiler sağlamaktadır.

Enerji verimliliği birkaç alt bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler: enerji tasarrufu, emisyon oranının azaltılması ve yenilenebilir enerji kullanımınıdır. Bu bağlamda limanlarda enerji verimliliği sağlayacak birçok uygulamanın yapıldığını görmekteyiz. Örneğin son yıllarda yeni teknolojilerle üretilen liman ekipmanları hem enerji tasarrufu sağlamakta hem de emisyon oranlarını azaltmaktadır. Özellikle liman ekipmanları ve yeni teknolojilerle üretilen gemilerde akıllı sistemlerin kullanılması ve belirli bir süre içinde kullanılmayan ekipmanların otomatik olarak kapanması gibi uygulamalar hem enerji tasarrufu sağlamakta hem de emisyon oranının azaltmaktadır. Ayrıca yenilenebilir enerji kullanımı emisyon oranını düşürmekte ve enerjide dışa bağımlılığın azaltılmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda devletler enerji verimliliği sağlayan projelerin uygulanmasını arttırmak için teşvik ve destek programları kullanmaktadır.

Denizcilik sektöründe enerji verimliliği sağlayan uygulamalar; liman altyapısının iyileştirilmesi, liman gelişiminin sağlanması, yeşil liman uygulamaları, limanlarda yeni teknolojilerin kullanılması, yakıt tüketiminin azaltılması, yenilenebilir enerji kullanımının artırılması ve liman kaynaklı çevresel etkinin azaltılması çalışmalarını kapsamaktadır. Bu bağlamda limanlarda enerji verimliliğinin sağlanması için yapılan uygulamaların öncelik sıralamasının yapılması gerekmektedir. Belirlenen önceliklerinin dikkate alınması durumunda, liman faaliyetlerinde enerji verimliliğinin artırılması ve çevresel etkilerin en aza indirilmesi beklenmektedir.

Çizelge 3.4. Enerji verimliliği uygulamalarını konu alan yazarlar ve çalışmalarında ele alınan kriterler

Sıra	Yazar	Uygulama Alanı	Ana Kriter	Alt Kriterler															
				T 1	T 2	T 3	T 4	Ç 1	Ç 2	Ç 3	Ç 4	Ç 5	E 1	E 2	E 3	E 4			
1	Abolhosseini ve Hesmati (2014)	Y. Enerji	E.B./Ç.B.											✓		✓			
2	Adıyaman (2012)	Y. Enerji	Ç.B.											✓					
3	Akdaş (2012)	Liman	E.B.													✓			✓
4	Akın (2020)	Yeşil Liman	Ç.B.																
5	Alkusal (2006)	Liman/ Lojistik	T.B.				✓												
6	Aygül (2021)	Liman/Gemi	T.B./ÇB							✓						✓			
7	Beşikçi (2015)	Gemi/Yakıt	T.B./Ç.B.	✓									✓		✓				
8	Bo ve diğerleri (2021)	Gemi/Yakıt	T.B./Ç.B.	✓											✓				
9	Chengpeng ve diğerleri (2018)	Yeşil Liman	Ç.B.										✓						
10	Danışman ve Özalp (2015)	Yeşil Liman	T.B./Ç.B.	✓						✓									
11	Erdoğan (2019)	Liman / Gemi	T.B./Ç.B.	✓										✓		✓			
12	Espey (2001)	Yeşil Liman	E.B.											✓			✓	✓	
13	Hippinen (2014)	Liman/ Y. Enerji	T.B./Ç.B.	✓	✓	✓								✓					
14	İris ve Lam (2019)	Liman / Gemi	T.B./Ç.B.	✓										✓					
15	Karlı ve diğerleri (2021)	Akıllı liman	T.B./Ç.B.	✓										✓					
16	Kınacı ve Yıldız (2019)	Y. Enerji	E.B./Ç.B.											✓		✓			
17	Köseoğlu ve Solmaz (2019)	Yeşil Liman	Ç.B.							✓	✓								
18	Martin ve diğerleri (2014)	Liman	T.B.	✓															
19	Mataracı (2016)	Yeşil Liman	Ç.B.							✓	✓								
20	Mirdalı (2018)	Yeşil Liman/ Gemi	T.B./Ç.B.		✓	✓								✓					
21	Sdoukopoulos ve ark. (2019)	Liman/ Y. Enerji	T.B./Ç.B.	✓	✓	✓								✓	✓		✓		
22	Satır ve Sağlamtimur (2018)	Yeşil Liman	Ç.B.											✓					
23	Tezcan ve Kuleyin (2017)	Liman	Ç.B.											✓	✓				✓
24	Tran (2017)	Liman/Gemi	Ç.B.							✓									
25	Tokuşlu (2019)	Yeşil Liman/ Gemi	Ç.B.							✓									
26	Ulusoy ve Daştan	Yeşil Liman	E.B.											✓		✓			✓
27	Yapıcı ve Koldemir (2015)	Liman/Y. Enerji	T.B./Ç.B.	✓	✓									✓					
28	Yılmaz (2021)	Liman/Gemi	T.B./Ç.B.	✓						✓									
29	Yılmaz (2013)	Liman/Gemi	T.B./Ç.B.	✓						✓		✓							
30	Yılmaz ve Hotunoğlu.	Y. Enerji	E.B./Ç.B.											✓		✓			

Çizelge 3.5. bu çalışma için yazar tarafından hazırlanmıştır ve enerji verimliliği uygulamalarını konu alan yazar isimleri ve bu yazarların çalışmalarında ele aldığı konu başlıkları ana ve alt kriterler olarak belirtilmektedir

Bu çalışmanın amacı konteyner limanlarında yapılan enerji verimliliği uygulamalarının önem ve öncelik derecelerinin belirlenmesidir. Bu çalışma için yapılan literatür araştırmasında bazı yazarların çalışmalarında ele aldığı ve enerji verimliliği sağlayan uygulamalar Çizelge 3.1’de verilmiştir. Belirlenen yazarlara ait çalışmalar dikkate alınarak enerji verimliliği ana kriterleri ve her ana kritere ait alt kriterler oluşturulmuştur. Bu çalışmada uzman görüşü ve yapılan literatür taraması sonucunda konteyner limanları için enerji verimliliği sağlayan uygulamalar üç ana kriter olarak teknolojik, çevresel ve ekonomik boyutlarda ele alınmış ayrıca ana kriterlere bağlı on üç alt kriter oluşturulmuştur.

3.4. Limanlarda Teknolojik Boyutta Uygulanan Enerji Verimliliği Önlemleri

Günümüzde limanlarda enerji verimliliğinin sağlanması için sera gazı emisyonlarının azaltılması, yenilenebilir enerji üretimi, alternatif yakıt kullanımı ve geri dönüşüm teknolojilerine ait çalışmalar yapılmaktadır (Mataracı, 2016: 5-63; Satır ve Sağlamtimur, 2018: 121). Ancak limanların sürdürülebilirliği çalışmaları yapılırken hem bu günkü neslin hem de gelecek nesillerin ihtiyaçlarını göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Bu bağlamda yürütülen çalışmalar ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarıyla ele alınmalıdır (ESPO, 2012: 10-15). Ayrıca günümüz teknolojilerindeki hızlı gelişmelerin deniz taşımacılığında kullanılan limanlar üzerindeki etkileri de önem arz etmektedir.

Bu çalışmada limanlarda gerçekleştirilen enerji verimliliği uygulamaları teknolojik, çevresel ve ekonomik boyutlarda incelenmiştir. Teknolojik boyutta; elektrifikasyon ve otomasyon sistemleri, kıyı güç kaynağı sistemi, aydınlatma teknolojileri, enerji verimli liman binaları ve soğutuculu konteynerler incelenmiştir. Çevresel boyutta; yeşil liman mevzuatları, yeşil liman çevresel ölçütleri ve liman çevre ve enerji yönetimi planlarının etkinliği, ayrıca yenilenebilir enerji ve alternatif yakıt kullanımı uygulamaları incelenmiştir. Ekonomik boyutta ise devlet teşvikleri, yardım fonları, yeşil sertifikalar ve liman başkanlıklarının bütçesi çerçevesinde yapılan destek uygulamalarının enerji verimliliği üzerinde etkileri irdelenmiştir.

3.4.1. Elektrifikasyon ve otomasyon teknolojileri

Günümüzde liman yönetimi kavramı yeni teknolojilerin kullanımı ile bir dönüşüm sürecine girmiştir. Bu bağlamda dijitalleşme odaklı “akıllı liman” kavramı geliştirilmiştir (Karlı, Öztaş Karlı ve Aydın, 2021: 2). Akıllı liman bilgi paylaşımını kolaylaştıran, liman faaliyetlerini optimize eden, teknolojik gelişime dayalı altyapısı olan ve otomasyon süreçlerinin kullanıldığı limandır. Dünya genelinde birçok liman otoritesi, akıllı liman olma çabası içinde çeşitli yeni dijital uygulamalar kullanmaktadır. Bu konuda önde gelen limanların dönüşümünün sağlanmasında otomasyon süreçlerinin öncelikli olarak kullanıldığını görmekteyiz.

Elektrifikasyon ve otomasyon teknolojilerinin kullanılması; liman operasyonlarının sürdürülebilirliği, konteyner akışlarının optimizasyonu, enerji tüketiminin azaltılması ve ekipmanların kullanım ömrünün uzaması üzerinde olumlu etkiye sahiptir (Martin, Monfort, Sapina, Monterde, Caldach, 2014). Liman altyapısının yeni teknolojilerle modernize edilmesi liman gelişimini sağlamada itici güç olarak görülmektedir. Bu bağlamda otomasyon süreçleri liman altyapılarını geliştirmekte ve enerji verimliliğini arttırmaktadır.

Liman operasyonlarında otomasyon ve elektrifikasyon süreçlerinin kullanılması artık bir gereklilik olarak görülmektedir. Örneğin limanlarda güvenlik önlemlerinin alınmasında entegre görüntüleme sistemleri kullanılmaktadır (Karlı ve diğerleri, 2021: 11). Otomasyon süreçleri ile gemilerin limana geliş zamanı ve bekleme süreleri ile ilgili randevu sistemleri kullanılmaktadır (Sdoukoupoulos ve diğerleri, 2019: 13). Bu sistemler sayesinde Avrupa limanlarında iş gücü maliyeti azaltılmaktadır (Esmer, 2009: 34-66). Rotterdam limanında liman içi gemi akış trafiğinin düzenlenmesi, Antwerp limanında liman altyapısı kontrolü, Hamburg limanının intermodal taşımacılık altyapısı, liman içi trafik kontrolü ve liman bilgilerinin depolanması için otomasyon süreçleri kullanılmaktadır (Karlı ve diğerleri, 2021: 7-8). Türkiye'nin ilk Yeşil Limanı olan Marport Liman İşletmesinde, 2012 yılında tamamlanan E-RTG dönüşüm projesi ile 35 adet RTG' nin revize edilerek elektrifikasyonu sağlanmış ve limanın karbon emisyon oranı azalmıştır. (Danışman ve Özalp, 2015). Tenerife limanında gemiye binmeyi bekleyen yolcuların elektrikli araçlarının akülerini doldurmak için hızlı şarj noktaları kurulmuştur. Felixstowe ve Oslo limanında uzaktan kumandalı elektrikli RTG, Koper limanında enerji besleme güç

sistemleri ve otomatik fiş sistemleri, Le Havre terminalinde elektrikli istif araçları kullanılmaktadır (Sdoukoupolus ve diğerleri, 2019: 13).

Hibridizasyon sistemlerine ait farklı uygulamalarda ise yenilenebilir enerji kaynakları kullanılarak enerji verimliliği sağlanmaktadır. Örneğin Helsingborg limanı filosunda kullanılan hibrit bir ünite ile yakıt tüketiminde %30 ila %50 arasında tasarruf sağlamaktadır. Hamburg limanı Alternwerder Konteyner Terminalinde lityum iyon pille çalışan yirmi beş adet AGV kullanılmakta ve limanda bulunan on sekiz şarj istasyonu sayısının 2022 yılında yüz birime yükselmesi beklenmektedir. Antwerp limanının Southampton terminalinde kullanılan hibrit taşıyıcılar sayesinde yakıt tüketimi % 20 oranında azaltılmaktadır. Hamburg limanının HHLA Konteyner Terminalinde rejeneratif enerji sistemi ve hibrit straddle taşıyıcılar kullanarak yakıt tüketiminde azalma sağlamaktadır (Sdoukoupolus ve diğerleri, 2019: 13).

Çizelge 3.5. Avrupa Limanlarında liman/terminal ekipmanları ve araçlarına odaklanan önlemler

Süreç Bloğu	İlgili Ekipman/Araç	Ölçüm	Anahtar uygulayıcılar	Test kullanıcıları ve destekleyici girişimler
Deniz	Römorkör	Hibridizasyon	Rotterdam Limanı Lulea Limanı	-
		Alternatif Yakıt - LNG		Bilbao- CORE-LNGas kovanprojesi(2018)
Terminal İçi	Terminal Taşıma ve İstifleme ekipmanları	Hibridizasyon Tam elektrifikasyon	Anvers,Southampton,Hamburg, Helsingborg Pire, Oslo, Le, Koper, Felixstowe, Havre, Marsilya, Hamburg	Livorno- SEATerminalleri projesi (2015) Valencia-SEA Terminalleri projesi (2015) Valencia-Yeşil Vinçler (2013), Barselona-CORE LNGas kovan projesi (2018) Valencia-H2Ports (2020-2021 için)
Genel amaç	Limana araçları	Alternatif yakıt- - Hidrojen yakıt hücreleri Elektrifikasyon	Barselona, Koper	Santa Cruz de Tenerife e-ADApröjesi (2016)

Çizelge 3.5.'e göre Avrupa'da bulunan bazı limanlarında elektrifikasyon ve hibridizasyon sistemlerinin kullanıldığı görülmektedir (Sdoukoupolus ve diğerleri, 2019: 12).

3.4.2. Kıyı/Liman güç kaynağı (Onshore power supply - OPS)

Denizyolu taşımacılığında kullanılan yakıtlar liman kentlerinde doğal çevrenin kirlenmesine sebep olmaktadır. Gemiler limana yanaşma sırasında ve limanda buldukları süre içinde yardımcı dizel motorlar ve jeneratörle enerji ihtiyaçlarını karşılamaktadırlar. Ancak gemilerin ana makinalarında, dizel motorlarda ve jeneratörlerde fosil yakıtların kullanılması liman kentlerinde hava kirliliği oluşturmaktadır (Aygül ve Baştuğ, 2020: 27).

Kıyı Güç Kaynağı Sistemi (OPS), gemilerin liman alanlarında oluşturduğu çevresel zararları azaltma önlemlerinden biridir (Mirdalı, 2018: 11). OPS sistemi ile gemilerin ihtiyaçları olan elektrik enerjisi kıyından temin edilmektedir. Böylece limanda kaldıkları süre içinde gemilere güverte operasyonları, yükleme- boşaltma, elleçleme, aydınlatma ve ısıtma-soğutma gibi gemi içi faaliyetler için kullandığı elektrik enerjisi OPS ile kıyından tedarik edilmektedir.

OPS sistemi ile ulusal şebekeden gelen elektriğin, gemi için uygun olan frekans ve gerilim değerine uyarlanması ve bir kablo bağlantısı ile gemiye elektrik enerjisi aktarılması sağlanır (Yiğit, 2018: 13). Ancak farklı ülkelerden gelen gemilerin elektrik sistemlerinin birbirinden farklı olması enerji aktarımını zorlaştırmaktadır (Mataracı, 2016: 5-6). Limanlarda kullanılan OPS araçlarının elektrik sistemlerinin ve gemilere ait elektrik sistemlerinin birbirine uygunluğunun sağlanması için uluslararası standartların belirlenmesi gerekmektedir. Günümüzde Belçika, Almanya, Finlandiya, Hollanda, İsveç, Norveç, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada'da bulunan limanların çoğunda gemilere kıyından enerji uygulaması ile elektrik enerjisi verilmektedir (Hippinen, 2014).

Çizelge 3.6. Dünya çapındaki limanlarda geliştirilen yüksek voltajlı OPS kurulumları ve kapasite durumları

Yıl	Liman	Ülke	Kapasite	OPS Kullanan Gemi Türleri
2000-2010	Gothenburg	İsveç	1,25-2,5	Ro-Ro, RO-PAX
2000	Zeebrugge	Belçika	12,5	Ro-Ro,
2008	Antwerp	Belçika	0,8	Konteyner
2008	Lubeck	Almanya	2,2	RO-PAX
2009	Vancouver	Kanada	16	Cruise
2010	Kariskrona	İsveç	2,5	Cruise
2011	Oslo	Norveç	4,5	Cruise
2012	Rotterdam	Hollanda	2,8	RO-PAX
2012	Ystad	İsveç	6,25-10	Cruise

Çizelge 3.6.'ya bakıldığında 2000-2012 yılları arasında birçok ülkede OPS sisteminin uygulanmaya başlandığını görmekteyiz (Hippinen, 2014: 34). Avrupa Birliği, ESPO'nun 2020 yılında uygulamaya başladığı bir direktif (Energy Taxation Directive, 2003/96/EC) ile gemilere kıyıda OPS sistemi ile enerji aktaran limanlara yönelik özel bir vergi muafiyeti sağlanmıştır (ESPO, 2020). Bu vergi muafiyeti ile limanların OPS kullanımına teşvik edilmesi hedeflenmektedir.

OPS sisteminin kullanıldığı bazı limanlarda kıyıda gemiye verilen elektrik enerjisinin yenilenebilir enerji kaynakları ile üretilmesi sağlanmaktadır (Sdoukopoulos ve diğerleri, 2019: 16). Kıyıda aktarılan yenilenebilir enerji sayesinde limanlarda karbondioksit emisyonunun %30 oranında ve sızıntı sudan kaynaklanan kirliliğin %95 oranında azaltılacağı belirtilmiştir (Mirdalı, 2018: 14). Bu durumda hem çevre kirliliği azaltılmakta hem de yenilenebilir kaynak kullanılarak enerji verimliliği sağlanmaktadır. Gothenburg limanı 2000 yılında kargo gemilerine kıyıda enerji verilmesini sağlayan ve yüksek voltajlı bir OPS sistemini ilk uygulayan limandır (Hippinen, 2014: 34). Tenerife limanında OPS kullanılarak limanda oluşan emisyon oranı ve gürültü kirliliği azaltılmaktadır. Santa limanında kullanılan OPS sistemi ile liman emisyonlarında azalma sağlanmıştır, İtalya'nın Trieste limanı terminallerinde kullanılan OPS sistemleri ile karbondioksit emisyonları %40 oranında azaltılması sağlanmıştır (Sdoukopoulos ve diğerleri, 2019: 6).

3.4.3. Aydınlatma teknolojileri ve Enerji verimli liman binaları

Liman aydınlatma sistemlerinde enerji verimliliği sağlamak için yeni teknolojiler kullanılmaktadır (Mataracı, 2016: 17). Bu kapsamda tasarruflu aydınlatma sistemlerinin (LED) kullanıldığını görmekteyiz. Yapılan araştırmalar limanlarda LED teknolojisinin kullanımı sonucu tasarruf edilen enerji miktarının %50 ile %60 arasında değiştiğini göstermektedir (Sdoukopoulos ve diğerleri, 2019: 15). Son yıllarda limanlarında LED teknolojisinin kullanımı yönünde çeşitli uygulamalar yapılmıştır. Örneğin Tenerife limanında akıllı aydınlatma sistemleri ile yoldaki trafik düzeyine göre aydınlatma düzeyini ayarlayan sistemler kullanılmaktadır (Sdoukopoulos ve diğerleri, 2019: 6). Hamburg limanında LED aydınlatma sistemleri kullanılarak elektrik tüketiminde %90 oranında tasarruf sağlanmaktadır (Kuleyin ve Tezcan, 2017). Amsterdam, Barselona limanlarında dış aydınlatmanın sağlanması için LED Teknolojisi kullanılmaktadır (Sdoukopoulos ve

diğerleri, 2019: 12). Rotterdam limanı verimli enerji tüketimi kapsamında LED aydınlatma sistemleri kullanmaktadır (Karlı ve diğerleri, 2020: 10).

Limanlar ticari faaliyetlerin yoğun olarak yaşandığı yerlerdir. Liman içinde bulunan depolama alanları ve binalar yüksek enerji kullanan yapılardır. Limanlarda son yıllarda yeni terminal binalarının, yönetim ofislerinin, ambarların, depoların, soğuk depolama tesislerinin, bakım ve onarım atölyelerinin enerji verimli tasarımı artış göstermektedir. Mevcut binalarda ise altyapı olanaklarının yenilenmesi çalışmaları ile enerji verimliliği sağlanmaktadır. Ayrıca liman binalarında yenilenebilir enerji kaynağı kullanımı ile enerji verimliliği sağlayan örnekler de bulunmaktadır. Örneğin Aalborg limanının eski ofis binası modernize edilerek, binanın ısıtılmasında kullanılan enerji ihtiyacı %90 oranında azaltılmış, Ghent liman idaresinin ana binasında yalıtım ve ısı geri kazanımı sistemleri kullanılarak ısıtma ve klima tesisatının kullanılmasına gerek kalmamıştır (Hippinen, 2014: 26-27). Ghent ve Vartahammen limanlarında terminal ofis binaları pasif ev konsepti ve eco-bina standartlarına uygun olarak tasarlanmıştır (Sdoukopolus ve diğerleri, 2019: 14-15). Portsmouth limanında deniz kaynaklı jeotermal enerjiyi kullanan ısı pompasıyla ısıtma sağlanmıştır (Hippinen, 2014: 29). Vartahammen limanında jeotermal enerji kullanılarak ısıtma ve soğutma için terminalin altından uygulama yapılmaktadır. Immingham limanında ise terminal yolcu binalarında ısıtma ve soğutma için termal enerji kullanılmaktadır, ayrıca limanda güneş enerjisi sistemleri kullanılmaktadır (Sdoukopolus ve diğerleri, 2019: 14-15).

3.4.4. Soğutuculu konteynerler

Denizyolu taşımacılığının önemli bir türü olan konteyner taşımacılığı liman işletmeleri, gemi şirketleri ve yük sahipleri açısından büyük önem taşımaktadır (Ateş ve Esmer, 2014). Konteyner taşımacılığı, yüklerin daha uzak mesafelere daha ucuz bir şekilde taşınması sonucu hem yük sahibine hem de yükü taşıyan işletmeye ekonomik fayda sağlamaktadır (Esmer, 2009: 33).

Denizyolu taşımacılığında soğuk zincir lojistiği ile dondurulmuş gıda, ilaç, taze meyve ve sebze gibi bazı ürünlerin taşınmasında soğutuculu (reefer) konteynerler kullanılmaktadır. Soğutuculu konteynerler, taşınan gıdanın yol boyunca gerekli ısı sınırları içinde korunmasını sağlayan nitelikli araçlardır (Alkusal, 2006: 54). Ayrıca internet bağlantısı kullanılarak konteynerin bulunduğu konum, sahip olduğu nem değeri, iç ortamın oksijen

ve karbondioksit miktarı takip edilebilmektedir. Böylece taşınan gıdanın mümkün olan en uygun şartlarda taşınması sağlanarak ürün kalitesi korunmaktadır. Özellikle 2019 yılında yaşanan Covid-19 pandemi sürecinde üretilen ilaç ve aşuların taşınmasında soğuk zincir lojistiği kullanılmıştır (İpekçi ve Tanyaş, 2021).

3.5. Limanlarda Çevresel Boyutta Uygulanan Enerji Verimliliği Önlemleri

Yeşil liman mevzuatları liman faaliyetlerinin düzenlenmesi ve liman kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması için uygulanan ulusal ve uluslararası uygulamalardır.

3.5.1. Yeşil liman mevzuatları

Yeşil liman mevzuatları liman faaliyetlerinin düzenlenmesi ve liman kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması için uygulanan ulusal ve uluslararası uygulamalardır. 1964 yılında imzalanan Harbours Limanlar Sözleşmesi bu alanda uygulanan ilk mevzuattır. Daha sonraki yıllarda sırasıyla; Londra Sözleşmesi, Marpol Sözleşmesi, Çevre Koruma Yasası, Biyolojik Çeşitlilik Konvensiyonu, ESPO Çevresel Uygulama Tüzüğü, Avrupa Eko-yönetim Denetleme Sistemi (EMAS), Ecoports Platformu, ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Standardı, ESPO Green Guide (Yeşil Rehber) yayınlamıştır. Yapılan mevzuat çalışmaları sonuç olarak zaman içinde yeşil liman kavramını ortaya çıkarmıştır. Uygulanan mevzuatlar, liman kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması, biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliği, doğal kaynakların korunması, atıkların azaltılması konularında başarı sağlanmasında etkili olmuştur (Köseoğlu ve Solmaz, 2020: 39).

3.5.2. Yeşil liman çevresel ölçütleri

Yeşil liman hem enerji tüketiminin hem de karbon emisyonunun azaltılmasını esas alan ve yenilenebilir enerji kullanımını teşvik eden sürdürülebilir limandır (Satır ve Doğan Sağlamtimur, 2018: 120-129). Yeşil liman konseptinin yaygınlaşması için, ESPO uygulamaları, ISO 14001 ve EMAS gibi çevre yönetim standartları geliştirilmiştir. Avrupa'da gönüllük esasına dayanan yeşil liman uygulaması iklim değişikliği, enerji tasarrufu, atık yönetimi, su ve hava kalitesi, gürültü yönetimi gibi konularda çözüm önerileri sunmaktadır (Yılmaz, 2019: 74). Bu kapsamda liman kaynaklı kirlilikler azaltılmakta ve enerji verimliliği sağlanmaktadır.

Ecoports, 2011'den itibaren Avrupa Deniz Limanları Organizasyonu (The European Sea Ports Organisation-ESPO) bünyesine entegre olan ve Avrupa limanları arasında işbirliği ve bilgi paylaşımı geliştirmek amacıyla kurulan bir platformdur (EcoPorts, 2019). ESPO 1996 yılında 15 ülkeye ait 28 limanın katılımıyla yaptığı "The Environmental ESPO Questionnaire" adlı anketle limanlarla ilgili çevresel sorunlara dikkat çekmiştir. Anket uygulaması 2004, 2009, 2013 yıllarında tekrarlanmış ve 2016 yılından sonra her yıl daha fazla sayıda limanın katılımıyla anketler uygulanmaya devam etmiştir. Denizcilik sektörü EkoPorts-ESPO kapsamında yapılan bu anketler sayesinde limanların çevresel yönetim göstergelerini takip etmektedir. ESPO' nun düzenli olarak 90'dan fazla limanın katılımıyla yaptığı anketler sonucu yayınlanan çevre raporları Avrupa liman sektörünün gelişimini ve eğilimlerini belirlemek için güvenilir bir veri tabanı olarak kabul edilmektedir (Puig, Wooldridge ve Dabra, 2022). Ayrıca bu anketler limanların ilk on çevresel önceliğinin sağlanması için bir rehber niteliğindedir. Anketler sonrası belirlenen çevresel öncelikler limanlara göre farklılıklar gösterse de, öncelikler genel olarak birbirine yakın konuları kapsamaktadır.

Çizelge 3.7. Yıllar boyunca ESPO çevre araştırmaları

Yıl	Anket adı	Katılan liman sayısı	Katılan ülke sayısı
1996	Çevresel ESPO Anketi	281	15
2004	ESPO Çevre Araştırması	129	-
2009	ESPO/Ecoports Limanı Çevresel İnceleme	122	20
2012	Avrupa Liman Performans Panosu	58	-
2013	ESPO Bağlantı Noktası Performans Panosu	79	21
2016	Avrupa Liman Sektörü Sürdürülebilirlik Raporu	91	20
2017	ESPO Sürdürülebilirlik Raporu	91	21
2018	ESPO Çevre Raporu	90	19
2019	ESPO Çevre Raporu	94	19
2020	ESPO Çevre Raporu	97	18

Çizelge 3.7.'de görüldüğü gibi 1996 yılından bu yana çok sayıda ülke ve limanın katılımıyla belirli aralıklarla ESPO çevre araştırmaları yapılmıştır (Puig ve diğerleri, 2022).

Çizelge 3.8. AB Limanlarının Çevresel öncelikleri

No	2013	2016	2019	2020
1	Hava kalitesi	Hava kalitesi	Hava kalitesi	Hava kalitesi
2	Çöp/Liman atıkları	Enerji tüketimi	Enerji tüketimi	İklim Değişikliği
3	Enerji tüketimi	Gürültü	İklim Değişikliği	Enerjinin Etkin Kullanımı
4	Gürültü	Yerel halkla ilişkiler	Gürültü	Gürültü
5	Gemi atıkları	Çöp / Liman atıkları	Yerel halkla ilişkiler	Yerel halkla ilişkiler
6	Yerel halkla ilişkiler	Gemi atıkları	Gemi atıkları	Gemi atıkları
7	Tarama: operasyonları	Liman gelişimi (kara)	Çöp / Liman atıkları	Su kalitesi
8	Toz	Toz	Liman gelişimi (kara)	Çöp / Liman atıkları
9	Liman gelişimi (kara)	Su kalitesi	Tarama: operasyonları	Tarama: operasyonları
10	Su kalitesi	Tarama: operasyonları	Su kalitesi	Liman gelişimi (kara)

Çizelge 3.8. ESPO' nun 2020 yılında yayınladığı Çevre Raporu ile liman sektörünün ilk 10 çevresel önceliğine dikkat çekmektedir (www.marinealnews, 2021). Son yıllarda Avrupa liman sektörünün ilk on çevresel önceliği arasında yer alan enerjinin etkin kullanımı önceliği limanlarda enerji verimliliğini sağlamak için yapılan çalışmaların önemini göstermektedir. 2020 yılı sonuçlarına göre hava kalitesi, iklim değişikliği ve enerji tüketimi ilk üç sırada yer almaktadır. Avrupa limanları için belirlenen bu çevresel öncelikler diğer dünya limanları için bir rehber niteliğindedir. Yine benzer anket uygulamaları bir ülkeye ait limanlara uygulandığında sadece o ülke limanlarının çevresel önceliklerini belirlemek mümkündür. Nitekim Köseoğlu ve Solmaz (2020) tarafından yapılan bir çalışmada Türkiye'nin yeşil liman çevresel kriterleri ve Dünya yeşil liman çevresel kriterleri karşılaştırılmıştır.

3.5.3. Liman çevre ve enerji yönetim planları

Çevre ve enerji yönetimi standartlarının temel amacı doğal kaynakların kullanımının ve kirliliğin azaltılması, enerji verimliliği ve enerji tasarrufu sağlanmasıdır. Avrupa limanlarında üç ana çevre yönetimi sistemi kullanılmaktadır. Bunlar; ISO 14001 standardı, Liman Çevresel İnceleme Sistemi (PERS) ve Eko-Yönetim ve Denetim Planıdır (EMAS).

ISO 14001 Çevre yönetimi standardı, doğal kaynakların tüketiminin azaltılmasını, çevresel duyarlılığın ve verimliliğin artırılmasını hedeflemektedir (Mataracı, 2016: 10). Ayrıca ISO 14001: 2015 revizyonu sonrası bütün kuruluşlar için geçerli olmuş ve limanlarda uluslararası kuralların gözetilmesini, enerji yönetiminin sağlanmasını, atıkların ve kaynak kullanımının azaltılmasını hedefleyen düzenlemeler yapılmıştır (Yılmaz, 2019: 41-42). *PERS* ile liman faaliyetlerini gözetlenmekte ve limanların çevresel yönetim standartları belirlenmektedir (Köseoğlu ve Solmaz, 2019; Alnıpak ve Yorulmaz, 2019: 103). Bu kapsamda liman kentlerinde hava kirliliği raporları tutularak limanların mevzuatlara uygun olup olmadığı denetlenmektedir. *EMAS*, limanların çevresel etkilerinin belirlenmesini ve çevresel programların uygulanmasını kolaylaştıran bir çevre yönetimi standardıdır (Danışman, 2012: 83; Bal, 2014: 11; Ilik, 2020: 12). *EMAS* kullanan işletmelerde enerji performansının arttığı gözlenmektedir (Sdoukopoulos ve diğerleri, 2019: 24). Bu kapsamda *EMAS*, liman kaynaklı çevresel etkilerin azaltılmasında ve limanlarda enerji yönetiminin iyileştirilmesinde fayda sağlamaktadır.

ESPO'nun 2018 yılında yayınladığı Çevre Raporuna göre, Ekoports'a üye olan limanların %53 oranında ISO 14001 standardı, %29 oranında *PERS*, %2 oranında *EMAS* çevre yönetimi planlarını uyguladığı, limanların %8 oranında ISO/*PERS*/*EMAS* çevre yönetimi sistemlerini birlikte uyguladığı belirtilmiştir (Sdoukopoulos ve diğerleri, 2019: 24). Ayrıca Ekoports üyesi olan ve çevre yönetim sistemi uygulanan limanların % 67'sinin liman çalışanlarına uygulanan göreve başlama programları içinde çevresel konuları dahil ettiği ve limanların %55'nin liman çalışanlarına yönelik için çevresel eğitim programları uyguladığı görülmektedir (Puig ve diğerleri, 2022).

Liman enerji yönetimi planları, limanların enerji ile ilgili tüm süreçlerinin kontrol edildiği uluslararası standartlara uygun çalışmalardır (Ngai, Chau, Poon ve To, 2013: 453-464). Enerji yönetimi sistemi kullanan limanlarda sosyal, çevresel ve ekonomik faydalar sağlanmaktadır (Beşikçi, 2015: 10).

ISO 50001 Enerji yönetimi sistemi, işletmelerde enerji verimliliği ve enerji yönetimi performansının artırılmasını ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasını hedefleyen uluslararası bir standarttır (Beşikçi, 2015; Uzun ve Değirmen, 2018: 91). Ancak limanların ISO 50001 enerji yönetimi standardına uyması maddi kaynak ve çaba gerektirmektedir. Avrupa'da

Felixstowe Limanı ve Antwerp Limanı ISO 50001 enerji yönetimi belgesi alan ilk limanlardır (Sdoukopoulos ve diğeri, 2019: 3-4).

PeMP, Avrupa limanlarında gönüllü olarak uygulanabilen, emisyon oranlarının azaltılmasını ve liman sürdürülebilirliğinin sağlanmasını hedefleyen bir plandır (Fedai ve Madran, 2015). Avrupa liman otoriteleri liman yetkililerine *PeMP* geliştirme adımlarını belirterek, liman operasyonlarından kaynaklanan çevresel etkilerin azaltılmasını hedeflemektedir (Boile, Theofani, Sdoukopoulos ve Plytas, 2016). *PeMP* ile limanlarda gerçekleştirilen tüm operasyonların elektrik ve yakıt tüketimi ele alınmaktadır (Sdoukopoulos ve diğeri, 2019: 4-5). *PeMP* herhangi bir standardın öncülü olmamasına rağmen çeşitli projelerle Marsilya, Venedik, Rijeka, Koper, Livorno ve Valencia limanlarında test edilmiş ve başarılı olmuştur (Sdoukopoulos ve diğeri, 2019).

3.5.4. Limanlarda yenilenebilir enerji kullanımı

Limanlarda yenilenebilir kaynaklarla enerji üretimi yapmak için yeni altyapı sistemleri, yeni tesisler ve yeni uygulamaların geliştirildiğini görmekteyiz. Çalışmanın bu bölümünde Avrupa limanlarında enerji verimliliği çalışmaları kapsamında yapılan yenilenebilir enerji uygulamalarına yer verilmiştir.

Çizelge 3.9. Avrupa'daki farklı limanlarda enerji verimliliği sağlayan uygulamalar

Altyapı	İlgili Süreçler	Açıklama	Uygulayıcı Limanlar	Pilot Test Kullanıcısı ve Destekleyici Girişimler
Enerji izleme sistemi	Çoklu	Limán ekipmanlarının, binaların ve diğér tesislerin enerji tüketiminin ve enerji verimliliğini izlenmesi	Valencia Limanı Koper Limanı JadeWeserPort	Selanik SUPAIR projesi (2019)
OPS sistemi	Gemi yanaşma	Gemilere karadan elektrik enerjisi (tercihen yenilenebilir) sağlayan sistem	Ystad, Limanı Oslo Limanı Rotterdam Limanı Göteborg Limanı	Kristiansand Limanı LoCOPS projesi (2018)
Rüzgar türbinleri (karada)	YEK üretimi	Limán sahasına kurulan rüzgar türbinleri ile yenilenebilir enerji üretimi	Rotterdam Limanı Anvers Limanı Amsterdam Limanı	-
Rüzgar türbinleri (deniz)	YEK üretimi	Açık deniz alanına kurulan rüzgar türbinleri ile yenilenebilir enerji üretimi	Oostende Limanı	-
Güneş panelleri (karada)	YEK üretimi	Limán sahasına kurulan güneş panelleri ile yenilenebilir enerji üretimi	Rotterdam Limanı Amsterdam Limanı Göteborg Limanı	-
Güneş panelleri (deniz)	YEK üretimi	Yüzer güneş panelleri ile yenilenebilir enerji üretimi	-	Rotterdam Limanı Rijkswaterstaat Programı (2019)
Dalga enerjisi dönüştürücüler (WEC)	YEK üretimi	Limanlarda genellikle dalgakıran duvarlarına kurulan dalga gücünden elektrik üreten cihazlar	Napoli Limanı	Civitavecchia Limanı ENEPLAN projesi (2017), Heraklion Limanı BMWİ finansmanı proje (2018) Leixões ve Las Palmas Limanı SE@PORTS projesi (2019)
Gelgit akışı jeneratörleri ve/veya barajlar	YEK üretimi	Suyun hareket etmesiyle çalışan türbinlerden elektrik enerjisi üretimi	-	Dover Limanı Pro-Tide projesi (2015)
Jeotermal enerji santralleri	YEK üretimi	Dünya'nın iç termal enerjisini kullanarak elektrik üreten sistemler	Marsilya Limanı (ilk deniz jeotermal santrali)	-
Biyokütle üretim tesisleri	Temiz enerji üretimi	Çöp, odun veya mısır gibi bitkiler kullanılarak elektrik üretimi	Rotterdam Limanı	Koper Limanı Greenberth projesi (2015)
Akıllı (mikro) şebeke	Enerji yönetimi	Jeneratörleri ve tüketicileri entegre eden dijital elektrik şebekesi	Anvers Limanı	-

Çizelge 3.9.'da Avrupa'daki farklı limanlarda enerji verimliliği kazanımı sağlayan yenilenebilir enerji uygulamaları yapılmaktadır (Sdoukopoulos ve diğérleri, 2019).

Limanlarda rüzgar enerjisi uygulamaları, coğrafi konumları sebebiyle rüzgar gücünden enerji üretimine elverişli limanlarda yapılmaktadır. Ayrıca denizlerde karalara göre daha düzenli rüzgar esintisi bulunduğundan deniz üzerinde rüzgar santralleri kurularak rüzgar

enerjisi üretimi yapılmaktadır. Kıyıda kurulan Onshore rüzgâr sistemleri, elektrik bağlantısı kurulabilmesi için karaya yakın ve rüzgar esintisinin enerji üretimine uygun olduğu yerlere inşa edilmektedir. Denizde kurulan Offshore rüzgâr sistemleri ise 50 ila 1.000 m aralığında derin sularda yüzen ve çelik halatlarla deniz tabanına bağlanan sistemlerdir. Bu sistemler Fransa, İspanya, Danimarka, Norveç ve Almanya gibi ülkelerde bulunmaktadır (Euronews, 2021). Avrupa’da 2019 yılında karada ve denizde bulunan rüzgar enerjisi üretimi miktarları (megawatt) aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.10. Avrupa’da 2019 yılında karada ve denizde bulunan rüzgar enerjisi üretimi miktarları (MW)

Kıyıda (onshore)	MW	Denizde (offshore)	MW
İngiltere	187	İngiltere	931
Danimarka	6	Danimarka	374
Belçika	72	Belçika	370
Almanya	287	Almanya	252
Hollanda	83		
Portekiz	57		
İspanya	148		
Türkiye	229		

Çizelge 3.10.’a baktığımızda İngiltere, Danimarka, Belçika ve Almanya’da hem denizde hem de karada rüzgar santralleri ile enerji üretimi yapılmaktadır (WindEurope, 2019).

WindEurope Offshore Rüzgar Platformunu oluşturan limanlar kendi tesislerinde parça imalatı ve bakımı, türbin nakliyesi gibi kilit faaliyetleri gerçekleştirerek offshore rüzgar enerjisi maliyetlerini düşürmekte ve projelere öncülük yapmaktadır (WindEurope 2019). Bu gün Avrupa’da yaklaşık 5.000 adet offshore rüzgar türbini kullanılarak elektrik üretilmektedir. Avrupa’da sahil şeridinde kurulan offshore rüzgar santrallerin pazar payı her geçen gün artmaktadır. Avrupa Komisyonu offshore rüzgar santrallerin pazar payının 2050 yılına kadar %30 olmasını hedeflemektedir (Euronews, 2021). Danimarka’da neredeyse ülkenin tüm kıyılarına offshore rüzgar çiftlikleri kurulmuştur. Danimarka’da 2019 yılında Thor Projesi ile ülkenin en büyük offshore rüzgâr çiftliği ihale edilmiştir (Şahin, 2020: 58).

Limarlarda güneş enerjisi uygulamaları, yatırım maliyeti düşük ve kurulumu kolay olduğundan tüm dünyada rağbet görmektedir. Özellikle Almanya, Belçika ve Hollanda limanlarında geniş çapta güneş enerjisi sistemleri kullanılmaktadır (Yapıcı ve Koldemir,

2015). Cenova, Antwerp, Hamburg, Helsinki ve Rotterdam limanlarında güneş enerjisi kullanılarak elektrik üretimi yapılmaktadır (Tezcan ve Kuleyin, 2017). Ayrıca Tenerife Limanında 2016 yılında başlayan e-ADA (Sürdürülebilir Elektrikli Hareketlilik Planı) ile güneş enerjisi üretimi yapmaktadır (Tenerife Limanları, 2016). Amsterdam limanında ofis binalarının ve depoların çatılarına monte edilen güneş enerjisi sistemleri elektrik üretimi yapılmaktadır (Suplychaindive, 2018). Amsterdam ve Göteborg Limanında liman içinde kurulan güneş panelleri ile ayrıca yine Rotterdam limanında denizde kurulan yüzer güneş panelleri ile elektrik enerjisi üretimi yapılmaktadır (Sdoukopoulos ve diğerleri 2019). Antwerp limanında yenilikçi ısı teknolojisi ile konsantre güneş ışığından yeşil ısı üretmektedir (Port of Antwerp, 2021a).

Limanlarda dalga enerjisi uygulamaları, denizlerin dalga üretimine uygun olduğu yerlerde yapılmaktadır. Ancak bu alana ait teknolojilerin henüz yeterli seviyede olmaması sebebiyle dalga enerjisinin kullanımına dair çok az uygulama vardır.

2015 yılında Dover limanında gelgit enerjisinin kullanımı üzerine bir pilot proje uygulanmıştır (Portstrategy, 2016). 2016 yılında İtalya'nın Napoli limanında suyun hareket etmesi ile elektrik üretimi yapılmaktadır (Contestabile, Ferrante, Di Lauro ve Vicinanza, 2016). Londra limanında Gel-git enerjisinden elektrik üretimi yapan bir sistem üzerinde çalışma yapılmıştır (Tezcan ve Kuleyin, 2017). Mutriku Limanında ise dalga enerjisi sistemleri kullanılarak elektrik üretimi yapılmaktadır (Korucuk ve Memiş, 2019: 137). Fransa ve Kore Cumhuriyetinde gel-git baraj uygulamaları enerji üretimi yapılmaktadır. (Dünyaenerji, 2020).

Limanlarda biyokütle enerjisi uygulamaları ise son yıllarda artmaya başlamıştır. Günümüzde atık yönetiminin öneminin anlaşılması ve bu alanda uygulanan uluslararası yaptırımlar atıkların yeniden kullanılarak enerji üretimine katılmasını sağlamaktadır.

Koper limanında biyokütleden biyogaz üretilmekte ayrıca organik meyve, sebze, gübre, soya fasulyesi ve tahıl kullanılarak biyokütleden elektrik enerjisi üretimi yapılmaktadır (Sdoukopoulos ve diğerleri, 2019). Le Havre Limanında, gemilerden kaynaklanan egzoz dumanları temizlenirken oluşan atıklar geri dönüşüm işlemlerinden geçirilmekte ve işlenmektedir. Rotterdam limanının Maasvlakte terminalinde odun paletleri kullanılarak biyokütleden üretilen enerji ile (%20 ila %30 arasında) liman enerji ihtiyaçları

karşılanmaktadır (PortofRotterdam, 2021a). Amsterdam Limanı 2050 yılına kadar ‘Sıfır atık’ statüsüne ulaşmak için projeler uygulamaktadır. Amsterdam Limanında bulunan endüstriyel işletmelerin her yıl ürettiği milyonlarca ton farklı türde atık madde enerji üretimi için tekrar kullanılmaktadır (Sustainableworldports, 2020). Ayrıca Amsterdam Limanında pilot aşamasında olan İleri Dönüşüm Fabrikası projesi “Upcycle Factory” ile karbon ayak izinin azaltılması ve atık depolama/yakma işlemleri yapılmaktadır (Upcyclefactory, 2021). Dünya nüfusunun arttığı oran da endüstriyel atık miktarının da artacağını ve bu tür projelerin teşvik edilerek sürdürülebilirliğin sağlanmasında olumlu sonuçlar elde edileceğini söyleyebiliriz.

Limarlarda jeotermal enerji uygulamaları, liman alanlarının jeotermal enerji kaynağına yakın olduğu sınırlı sayıda limanda gerçekleştirilmektedir. Portsmouth limanında deniz kaynaklı jeotermal enerji kaynağından ısı pompasıyla enerji üretilerek terminal binasının ısıtması yapılmaktadır (Hippinen ve Federley, 2014: 29). Marsilya limanında jeotermal enerji üretimi ile liman binalarının ısıtılması ve soğutulması yapılmakta ve limanın sera gazı emisyonunda %70 oranında bir azalma sağlanmaktadır (investinprovence, 2016).

3.5.5. Alternatif yakıtlar

Gemilerin dizel motorlarında kullanılan ve ham petrolün damıtılmasından elde edilen sıvı yakıtların yapısında %85-90 oranında karbon bulunmaktadır (Aygül, 2021: 28-29). Hidrokarbonlu dizel yakıtların kullanımı sonucu oluşan emisyonların azaltılması için karbon oranı düşük olan alternatif yakıtlar kullanılmaktadır. Son yıllarda özellikle liman kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması için düşük emisyonlu sahip olan LPG ve LNG türü yakıtların kullanımında artış görülmektedir. Sıvılaştırılmış doğal gaz olan LNG günümüzde gemilerde fosil yakıtlara alternatif olarak tercih edilmektedir (Portofamsterdam, 2019a). 2013 yılında Valencia limanında test edilen LNG terminal traktörünün enerji maliyetinde düşüş ve CO₂ emisyonunda %16 azalma tespit edilmiştir (Portofamsterdam, 2019a). Yine 2013 yılında Barselona limanında bir RTG aracının LNG yükseltmesi yapılmış, karbondioksit emisyonunda % 34 azalma ve yakıt maliyetinde ise %58 azalma tespit edilmiştir (NGV Global News, 2018). Hamburg limanında ise Hummel (yaban arısı) uygulaması ile yolcu gemilerine düşük emisyonlu güç sağlamak için LNG kullanılmaktadır (Karlı ve diğerleri, 2020: 10).

3.6. Limanlarda Ekonomik Boyutta Uygulanan Enerji Verimliliği Önlemleri

Yenilenebilir enerjinin ilk yatırım maliyeti yüksek olduğundan devletler yatırımcıya destek olmak için çeşitli teşvik sistemleri uygulamakta ve yasal düzenlemeler yapmaktadır (Akdoğan ve Berksoy, 2018: 21). Örneğin Sabit Fiyat Garantisi dünya genelinde en çok kullanılan (2016 yılı itibarıyla 110 ülkede) teşvik sistemidir. Sabit fiyat garantisinin, üretilen enerjiye alım garantisi vermesi sebebiyle diğer teşviklere göre ekonomik açıdan daha avantajlı olduğu bilinmektedir (Akın, 2020: 37).

Ayrıca yenilenebilir enerji projelerine bankalar ve uluslararası kuruluşlar tarafından çeşitli ödemeler yapılarak yenilenebilir enerjinin gelişimi sağlanmaktadır (Ülgen, 2018: 52). Örneğin Avrupa Birliği, 2016 yılında Tenerife Limanında başlatılan *e-ADA (Sürdürülebilir Elektrikli Hareketlilik Planı) Projesine* Avrupa fonu sağlamıştır (Sdoukoupoulos ve diğerleri, 2019). Ayrıca 2017 yılında Cenova limanında uygulanmaya başlanan üç Avrupa projesine Avrupa Birliği tarafından fon sağlanmıştır. Cenova limanında uygulanmakta olan "*INES- Cenova Limanında Yeni Çevresel Çözümlerin Uygulanması*" projesinin maliyetinin %20'si Avrupa Birliği ortak finansmanı ile sağlanmıştır (Port of Genoa, 2020b).

Yeşil limanların çevresel önceliklerinin gerektirdiği ölçütlere uygunluk fonlardan faydalanmanın da önünü açmaktadır (Köseoğlu ve Solmaz, 2020: 43). Yeşil liman standardını taşıyan limanlar, yeşil liman sertifikaları veya farklı teşvik fonlarından faydalanarak yeni projeler uygulama çabası göstermektedirler. Yeşil sertifikalar işletmelerin mali risklerden kaçınmasını sağlamakta başarılıdır (Espey, 2001; Ulusoy ve Daştan, 2018: 135). Avrupa limanlarının büyük bir kısmında yeşil enerji üretimi yeşil sertifika teşviki ile desteklenmektedir. Özellikle Almanya, Hollanda, Polonya, Finlandiya, İngiltere ve Fransa'da bu desteklerin gün geçtikçe arttığı görülmektedir (Tezcan ve Kuleyin, 2017).

Liman başkanlıkları kendi bütçelerini kullanarak yenilenebilir enerji projeleri uygulamaları yapabilirler. Ancak liman yatırımlarının getiri oranının, projeden beklenen getiri oranından ve piyasanın faiz oranından büyük olması gerekmektedir (Akdaş, 2012: 56). Son olarak limancılık sektörü sermaye yoğun bir yapı gerektirdiğinden liman yatırımlarının öz kaynak kullanılarak gerçekleştirilmesi genelde mümkün değildir.

4. ARAŞTIRMANIN AMACI ve KAPSAMI

Küreselleşmenin etkisiyle artan dünya ticaret hacmi büyük oranda enerji tüketimine neden olmaktadır. Özellikle deniz ticaretinin önemli odak noktaları olan limanlarda hem enerji kaynağı taşımacılığı yapılmakta hem de büyük oranda enerji tüketilmektedir. Kullanılan enerji miktarının büyüklüğü oranında enerji kaybı ya da enerji israfı da büyük olacaktır. Bu bağlamda enerji verimliliği kavramı önem kazanmaktadır. Enerji verimliliği, üretilen ürünün miktarında ve kalitesinde bir azalmaya yol açmadan ürün birimi başına harcanan enerji miktarının azaltılmasıdır. Liman operasyonlarında yapılan uygulamalar sırasında çeşitli önlemler alınarak enerji verimliliği sağlanmaktadır.

Ayrıca liman faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonları hava kirliliğine ve küresel ısınmaya sebep olarak canlı hayatına zarar vermektedir. Günümüzde liman kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması yaşamın sürdürülebilirliği açısından önem kazanmıştır. Bu sebeple ülkeler ve uluslararası kuruluşlar liman kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması için çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Bu bağlamda limanlarda hem enerjinin verimli kullanılması hem de sera gazı emisyonlarının azaltılması hedeflenmektedir.

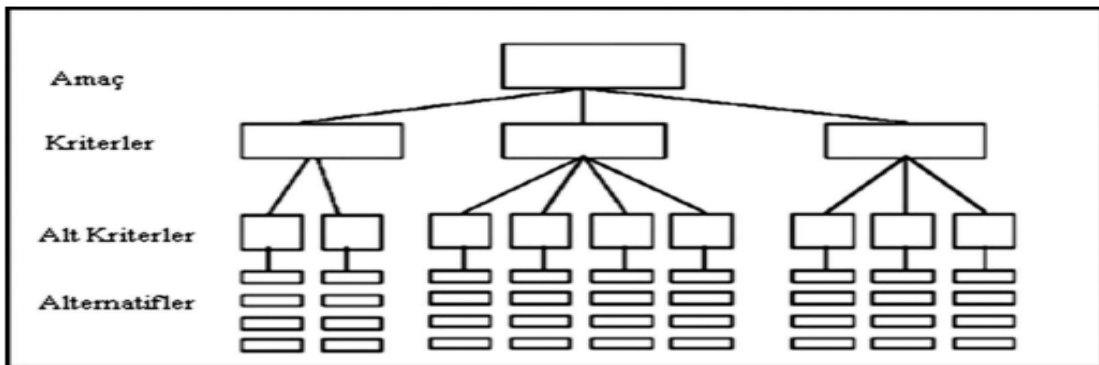
Bu çalışmanın amacı konteyner limanlarında yapılan enerji verimliliği uygulamalarının önem ve öncelik derecelerinin belirlenmesidir. Konteyner limanları için belirlenen teknolojik, çevresel ve ekonomik boyutlarda ele alınan önceliklerin dikkate alınması durumunda, liman faaliyetlerinde enerji verimliliğinin artırılması ve çevresel etkilerin en aza indirilmesi beklenmektedir.

5. ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Bu çalışmanın amacı konteyner limanlarında uygulanan enerji verimliliği çalışmalarının öncelik sıralamasının belirlenmesine katkıda bulunmaktır. Enerji verimliliği açısından Türkiye’de ve Dünya’da birçok akademik çalışma yapılmıştır. Ancak yapılan literatür çalışması sonucunda, limanlar açısından enerji verimliliği sağlayan farklı uygulamaları ortak bir çatı altında inceleyen ve önemini ortaya koyan çalışmaların sınırlı olduğu görülmüştür. Bu nedenle çalışmada limanlarda uygulanan enerji verimliliği uygulamaları teknolojik, çevresel ve ekonomik boyutlarda incelenmiştir. Bu bağlamda uzman görüşleri doğrultusunda AHP anket çalışması yapılarak elde edilen bulgularla bir sentez oluşturulmaya çalışılmıştır.

5.1. AHP (Analytic Hierarchy Process) Yöntemi

Araştırma probleminin birbiri ile tutarlı olmayan birden fazla kriterle bağlı olduğu durumlarda çözüme ulaşmak için çok kriterli karar verme yöntemleri (ÇKKV) kullanılmaktadır (Bülbül ve Köse, 2011). Bu yöntemler karmaşıklık, belirsizlik veya birbiri ile çelişkili amaçları içeren problemlerin çözümünde karar vericiye yardımcı olmaktadır (Hahn, 2003: 445). Bu yöntemlerden biri olan ve Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen AHP yöntemi katılımcılara karar verme sürecinde etkili olan nitel ve nicel faktörleri birleştirme olanağı sağlamaktadır (Saaty, 1990: 10).



Şekil 5.1. AHP Yöntemi Karar Hiyerarşisi

Şekil 5.1’e görüldüğü gibi AHP yönteminde problemin çözümü için belirlenen kriterler belirli bir hiyerarşik düzen içinde ele alınmaktadır (Forman ve Gass, 2001). Bu bağlamda

AHP birden fazla faktöre dayanan, komplike veya yapılaşmamış problemlerin çözümü için kullanılan etkili bir yöntemdir. *AHP sürecinin üç temel prensibi*; hiyerarşinin düzenlenmesi, kriterlerin birbirlerine olan üstünlüğünün sıralanması ve sayısal tutarlılığın belirlenmesidir (Güner ve Yücel, 2007; Ömürbek, Üstündağ ve Helvacıoğlu, 2013).

AHP yönteminin çözüm aşamaları şu şekildedir (Yıldırım ve Önder, 2015):

Adım 1: Öncelikle problem durumu ve amaç belirlenmekte, problemin çözümü için belirlenen kriterler ve alt kriterler hiyerarşik bir düzende listelenmektedir.

Adım 2: Daha sonra hiyerarşik yapıda her bir seviyede bulunan kriterlerin ikili karşılaştırılması yapılmaktadır.

Adım 3: Karşılaştırması yapılan kriterlerin ağırlıkları belirlenmekte ve uyum oranları hesaplanmaktadır.

Adım 4: Tutarlılık analizi yapılmaktadır.

Hiyerarşik düzenin belirlenmesi: Hiyerarşi düzeni bir amaç ile başlamakta, belirlenen amaca ulaşmak için kriterler ve alternatifler belirlenmektedir (Murat ve Çelik, 2007). AHP anket çalışmasına katılan kişiler kendilerine sunulan kriter ve alt kriterlerin önemini belirlemesine seçim yaparak katkı sağlamaktadır (Saaty, 1994; Ngai ve Chan, 2005; Lee ve Chan, 2008). Birçok faktörün aynı hiyerarşi içinde sentezlenmesi AHP yönteminin en önemli başarılarından biridir (Ömürbek, 2003). AHP yöntemiyle yapılan analizlerde kullanılmak üzere 1 ila 9 arasında değerler alan bir ölçek belirlenmiştir (Saaty 1999). Hiyerarşik düzen oluşturulduktan sonra seçilen kriterlerin birbirlerine göre önem düzeyleri hesaplanmaktadır.

Çizelge 5.1. Karşılaştırmalarda Kullanılan Önem Derecelendirme Tablosu

Önem derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit seviyede önemli	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur
3	Orta seviyede önemli	Bir faktör diğerine göre orta seviyede önemli bulunur
5	Kuvvetli seviyede önemli	Bir faktör diğerine göre kuvvetli seviyede önemli bulunur
7	Çok kuvvetli seviyede önemli	Bir faktör güçlü bir şekilde tercih edilir ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülür
9	Aşırı seviyede önemli	Bir faktörün diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük güvenilirliğe sahiptir
2, 4, 6 8	İki yargı arasındaki ara değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere yukarıda listelenen yargılar arasına düşen değerler

Çizelge 5.1.'de görüldüğü gibi 1-9 ölçeği ile hazırlanan ve değerlendirme formunda sıralanan kriterler, uzmanlar tarafından birbirleri ile karşılaştırılmaktadır (Saaty 1999). Anket katılımcıları ikili kriterleri 1-9 arasında puanlayarak değerlendirme yapmaktadırlar.

Kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesi: Öncelikle seçilen kriterler uzmanlar tarafından önem derecelendirme tablosuna göre puanlanmaktadır. Uzman görüşü Çizelge 5.2'de görüldüğü gibi sol tarafta ise ikili karşılaştırma değeri olduğu gibi (7) alınır.

Çizelge 5.2. Kriterlerin karşılaştırma verileri 1

Kriterler	Eşit									Kriterler	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9		
Kriter 1		X									Kriter 2

Ancak uzman görüşü Çizelge 5.3.'te görüldüğü gibi sağ tarafta ise ikili karşılaştırma değerinin tersi (1/5) olarak alınır.

Çizelge 5.3. Kriterlerin karşılaştırma verileri 2

Kriterler	Eşit									Kriterler	
	9	7	5	3	1	3	5	7	9		
Kriter 1							X				Kriter 2

Tüm uzman görüşleri bu şekilde değerlendirildikten sonra her bir ikili karşılaştırma için elde edilen değerlerin geometrik ortalaması alınır. Sonuç olarak her karşılaştırma için hesaplanan geometrik ortalama 1-9 arasında ise karşılaştırma sonucu sol tarafa aynen yazılır. Ancak hesaplanan geometrik ortalama 0-1 arasında ise karşılaştırma sonucu sağ tarafa "1/ " olarak yazılır (Ömürbek, 2013: 58).

Karşılaştırma matrisinde simetrik elemanlar birbirinin tersi olarak seçilmekte ve matrisin tamamlanması için geometrik ortalama formülü kullanılarak giriş verileri toplanmakta ve ortak sonuca ulaşılmaktadır. Geometrik ortalamanın tercih edilmesinin sebebi ikili karşılaştırma matrisinde bulunan simetrik elemanların birbirinin tersi olmasını gerektiren kuraldır (Ömürbek, 2013: 58).

Geometrik ortalama formülü:

$$\left(\prod_{i=1}^n x_i \right)^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{x_1 x_2 \dots x_n}$$

Belirlenen kriterlerin ağırlıklarının (öncelik değerlerinin) hesaplanması: Öncelikle ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmaktadır. Modelde kullanılan kriter sayısı n ise, $n \times n$ boyutlu bir matris oluşturulur. Matriste kullanılan terimler, belirlenen amaca ulaşmak için i kriterinin j kriterine oranla ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda matrisin köşegeni üzerindeki oranlar ($i=j$ olduğundan) bir değerini almaktadır (Harker ve Vargas, 1990: 4). Kriterlerin öncelik değerlerinin belirlenmesi için karşılaştırma matrisinin öz vektörleri (W_i) hesaplanır ve ikili karşılaştırmaları yapılır. İkili karşılaştırma matrisinin her bir sütununda bulunan her değer o sütunun toplam değerine bölünerek matris sütun toplamları 1'e eşit olacak şekilde normalleştirilir (Ayan ve Papuçcu, 2013).

Çizelge 5.4. Kriterler için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulması

Kriterler	Kriter 1	Kriter 2	...	Kriter n	Ağırlık
Kriter 1	W_1/ W_1	W_1/ W_2	...	W_1/ W_n	..
Kriter 2	W_2/ W_1	W_2/ W_2	...	W_2/ W_n	..
...	1
Kriter n	W_n/ W_1	W_n/ W_2		W_n/ W_n	..

Çizelge 5.4'e göre kriterler için ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmaktadır (Harker ve Vargas, 1990). Özdeğer matrisi oluşturulduktan sonra verilen cevaplara göre kriterlerin ağırlıkları kümelenmekte ve karar alternatifleri değerlendirilmektedir (Zahedi, 1986). Elde edilen en büyük özdeğer vektörü (λ_{max}), incelenen faktörün öncelik değeridir. Matrise ait en büyük özdeğer matris boyutuna eşit ya da daha büyük olmalıdır. λ_{max} değerinin n değerine yakın olması tutarlılık oranının yüksek olduğunun bir göstergesidir (Başkaya ve Akar, 2005: 276).

Tutarlılık Analizi: Tutarlılık, bir çalışmada yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda elde edilen değerlerin birbirleriyle olan matematiksel ve mantıksal ilişkisi olarak tanımlanır. AHP yöntemi ile ikili karşılaştırmalar yapılırken kesin bir oran veya doğru bir ölçü olmadığından karşılaştırmalarda tutarsız durumlar ortaya çıkabilir. Bu sebeple ikili karşılaştırmalarda olması muhtemel hatalardan kaynaklanabilecek tutarsız verilerin önüne geçilmesi için tutarlılık kontrolü yapılmaktadır (Saaty ve Kearns, 2014).

Tutarlılık oranının (Consistency Ratio – CR) belirlenmesi için gerekli işlemler aşağıdaki gibi yapılır. CI tutarsızlık indeksi, RI ise rassallık (tesadüflük) göstergesi, λ_{max} ikili karşılaştırma matrisinin en büyük özdeğeri ve n ise matrisin boyutudur. Rassallık göstergesi, matris boyutuna göre aşağıdaki Çizelge 5.5'ten seçilen sabit bir değerdir.

CR ve CI aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanır.

Çizelge 5.5. Rassallık Göstergesi Tablosu

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Tutarlılık oranı= Tutarsızlık indeksi/Rassallık göstergesi

$$CR = CI/RI$$

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n-1)$$

Tutarlılık oranının 0,10'dan küçük olması yapılan işlemlerin tutarlı olduğunu gösterir. Tutarlılık oranı 0.10'un üstünde ise ikili karşılaştırmalar tekrar gözden geçirilir (Saaty ve Tran, 2007: 966).

5.2. Araştırma evreni ve örnekleminin belirlenmesi

Araştırmanın evreni, Türkiye'de bulunan konteyner limanlarından oluşmaktadır. Ancak araştırma evreninin geniş kapsamlı olması ve söz konusu limanlara ilişkin bilgilere ulaşmanın zorluğu nedeniyle evren sınırlandırılmıştır. Evren örneklemini olarak Hatay ilinde yer alan İskenderun limanı seçilmiştir. Anket formlarının doldurulması gönüllülük esası gözetilmiştir. Liman yetkilisi veya akademisyenlerden oluşan on kişi anket formunu doldurmayı kabul etmiştir. AHP yönteminde sonuçlar, çalışmaya katılan uzmanların görüşlerine dayanmaktadır. Ayrıca anket araştırmalarında incelenen örneklemin az sayıda kişiyi oluşturduğu durumlarda AHP yöntemi kullanılmakta ve seçenekler arasından tercih yapılabilmektedir. Bu sebeple Hatay ilinde bulunan liman yetkilileri veya akademisyenlerden oluşan evren örneklemini olarak seçilmiştir. Limanlarda Mühendis, Müdür, Uzman, Şef, Liman Yetkilisi veya Üniversitelerde Akademisyen olarak görev yapan katılımcılara anket uygulanmıştır.

5.3. AHP Yöntemi Anket Formu

Çalışmanın amacı konteyner limanlarında enerji verimliliğinin artırılması için uygulanan stratejilerin öncelik sıralamasının belirlenmesi olarak tanımlanmıştır. Limanların enerji verimliliği stratejileri; teknolojik, çevresel ve ekonomik olarak üç boyutta incelenmiştir. Belirlenen amaca ulaşmak için limanların enerji verimliliği stratejileri AHP yöntemi kullanılarak analiz edilmiş ve belirlenen kriterlerin öncelik sıralamasına karar verilmiştir.

Çizelge 5.6. Anket formundaki ana ve alt kriterler

ANA KRİTERLER	ALT KRİTERLER
I. Teknolojik Boyut(TB)	T1 Elektrifikasyon ve Otomasyon Teknolojileri T2 Kıyı Güç Kaynağı (OPS) T3 Aydınlatma teknolojileri ve Enerji verimli liman binaları T4 Soğutuculu konteynerler
II. Çevresel Boyut(ÇB)	Ç1 Yeşil liman mevzuatları Ç2 Yeşil liman çevresel ölçütleri Ç3 Liman çevre ve enerji yönetim planları Ç5 Yenilenebilir enerji kullanımı Ç5 Alternatif yakıtlar
III. Ekonomik Boyut(EB)	E1 Devlet teşvikleri E2 Yardım fonları, hibeler E3 Yeşil sertifikalar E4 Liman başkanlığının bütçesi

Çizelge 5.6'da AHP yöntemi kullanılarak oluşturduğumuz bu tez çalışmasının problem hiyerarşisi anket formunda yukarıda gösterilmiştir. Bu bağlamda konteyner limanları için enerji verimliliği stratejileri Çizelge 5.6.'da gösterilen karar hiyerarşisi 3 ana kriter ve 13 alt kriter olarak belirlenmiştir. Teknolojik Boyutun 4 alt kriteri; elektrifikasyon ve otomasyon teknolojileri, kıyı güç kaynağı, aydınlatma teknolojileri ve enerji verimli liman binaları ve soğutuculu konteynerler. Çevresel Boyutun 5 alt kriteri; yeşil liman mevzuatları, yeşil liman çevresel ölçütleri, liman çevre ve enerji yönetim planları, yenilenebilir enerji kullanımı ve alternatif yakıtlar. Ekonomik Boyutun 4 alt kriteri; devlet teşvikleri, yardım fonları, hibeler, yeşil sertifikalar ve liman başkanlığının bütçesidir.

5.4. Veri Toplama Süreci

Bu çalışma için yapılan literatür araştırması ve uzman akademisyenlerle gerçekleştirilen görüşmeler sonucunda konteyner limanları için belirlenen enerji verimliliği kriterleri ile

ilgili bir anket oluşturulmuştur. Konteyner limanlarının enerji verimliliği önceliklerini belirleyecek olan bu anket on liman yetkilisi veya akademisyene uygulanmıştır. Katılımcılara “Konteyner limanlarında enerji verimliliği stratejilerini belirlemek için verilen kriter ve alt kriterlerden hangisi sizce daha önemlidir? İkili kıyaslama yapınız” şeklinde sorular yöneltilmiş ve anket sorularını cevaplamaları istenmiştir.

5.5. Veri Analizi

Ankete katılan uzmanlar öncelikle Çizelge 5. 4’de belirtilen 3 ana kriterin ikili karşılaştırmaları ve daha sonra her ana kritere ait alt kriterlerin kendi aralarında ikili karşılaştırmaları neticesinde cevaplar vermişlerdir. AHP yöntemi ile seçilen ana kriterler ve alt kriterler arasında oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri sonucunda kriterler arasındaki önem dereceleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler Microsoft Excel programında çözüldüğünde Çizelge 5.7, Çizelge 5.8, Çizelge 5.9, Çizelge 5.10, Çizelge 5.11, Çizelge 5.12, Çizelge 5.13 ve Çizelge 5.14’teki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

Hiyerarşi düzeninde ana kriterlerin seçimi aşağıdaki gibidir:

Çizelge 5.7. Limanlara ait enerji verimliliği ana kriterleri

Ana Kriterler
1. Teknolojik Boyut (TB)
2. Çevresel Boyut (ÇB)
3. Ekonomik Boyut (EB)

Ana kriterlere ait ham veriler:

Çizelge 5.8.’te verilen ana kriterlere ait ham veriler ve geometrik ortalama formülü kullanılarak ana kriterlerin geometrik ortalaması hesaplanmıştır.

Çizelge 5.8. Ana kriterlerin karşılaştırma verileri

Kriterler	Eşit									Kriterler
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
TB			2	4	2	2				ÇB
TB				4	4	2				EB
ÇB					2	4	4			EB

Geometrik ortalama formülü:

$$\left(\prod_{i=1}^n x_i \right)^{\frac{1}{n}} = \sqrt[n]{x_1 x_2 \dots x_n}$$

TB. ve ÇB ana kriterleri karşılaştırma verisi için geometrik ortalama 1,72'dir.

TB ve EB ana kriterleri karşılaştırma verisi için geometrik ortalama 1,24'tür.

ÇB ve EB ana kriterleri karşılaştırma verisi için geometrik ortalama 0,80 dir.

Ana kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisinin oluşturulması ve global ağırlıkları:

Ana kriterlerin geometrik ortalamaları kullanılarak ana kriterlerin birleştirilmiş karşılaştırma matrisi oluşturulmuş ve global ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu bilgiler kullanılarak oluşturulan ve Türkiye genelindeki konteyner limanlarına ait enerji verimliliği ana kriterlerinin ikili karşılaştırma matrisi Çizelge 5.9'da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Ana kriterlerin birleştirilmiş karşılaştırma matrisi ve global ağırlıkları

Kriterler	Teknolojik B.	Çevresel B.	Ekonomik B.	Global Ağırlık
Teknolojik B.	1	1,72	1,24	0,420
Çevresel B.	0,58	1	0,8	0,253
Ekonomik B.	0,81	1,25	1	0,327
Tutarlılık Oranı:	0,001038		Toplam	1,000

Çizelge 5.9'da bulunan ana kriterlerin global ağırlıklarına ait önem sırası teknolojik, ekonomik ve çevresel boyut şeklindedir.

Tutarlılık oranının hesaplanması: AHP Yönteminde kriterlerin tutarlı olup olmadığının belirlenmesi için tutarsızlık hesabı yapılmaktadır. CI tutarsızlık indeksi, RI ise rassallık

göstergesi, λ_{max} ikili karşılaştırma matrisinin en büyük özdeğeri, n matrisin boyutudur. λ_{max} aşağıdaki formül kullanılarak bulunmuştur.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_{ij}}{w_i}$$

Tutarlılık oranı (Consistency Ratio - CR) aşağıdaki gibi hesaplanır. Sonuç olarak yapılan analizlerin tutarlı olabilmesi için; $CR \leq 0.10$ olmalıdır.

$$CR = CI/RI$$

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n-1)$$

Ana kriter matrisi için tutarlılık hesabı aşağıdaki şekilde yapılmıştır:

$n=3$ için, $RI= 0,58$, $\lambda_{max}=3,00$, $CI= 0,0006$ ve $CR=0,0010 < 0.1$ olarak bulunmuştur.

Çalışmada elde edilen veriler doğrultusunda 3 ana kriterinin kendi içinde ikili karşılaştırmaları sonucundaki analizlerin tutarlılık testi yapılmış ve tutarlılık oranı (Consistency Ratio – CR) 0,0010 olarak bulunmuştur. Bu değer 0.1’ den küçük olduğundan ana kriterlerin AHP yöntemi ile ikili kıyaslamalarının tutarlıdır. Çalışmanın ikinci adımında alt kriterlerin kendi aralarında ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur.

Çizelge 5.10. Limanlara ait enerji verimliliği alt kriterleri

ALT KRİTERLER

1. Elektrifikasyon ve Otomasyon Teknolojileri (T1)
 2. Kıyı Güç Kaynağı (T2)
 3. Aydınlatma teknolojileri ve Enerji verimli liman binaları (T3)
 4. Soğutuculu konteynerler (T4)
 5. Yeşil liman mevzuatları (Ç1)
 6. Yeşil liman çevresel ölçütleri (Ç2)
 7. Liman çevre ve enerji yönetim planları (Ç3)
 8. Yenilenebilir enerji kullanımı (Ç4)
 9. Alternatif yakıtlar (Ç5)
 10. Devlet teşvikleri (E1)
 11. Yardım fonları, hibeler (E2)
 12. Yeşil sertifikalar (E3)
 13. Liman başkanlığının bütçesi (E4)
-

Anket katılımcıları Çizelge 5.10.'da belirtilen enerji verimliliğine ait her ana kritere ait alt kriterler arasında oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri sonucunda alt kriterler arasındaki önem dereceleri belirlenmiştir. Alt kriterlere ait ham veriler EK 3'te verilmiştir.

Teknolojik Boyuta ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi ve yerel ağırlıklar:

Çizelge 5.11. Teknolojik Boyuta ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi ve yerel ağırlıkları.

Teknolojik Boyut	T1	T2	T3	T4	Yerel Ağırlık
T1	1	2,434	2,253	3,215	0,458
T2	0,411	1	0,683	0,950	0,161
T3	0,444	1,463	1	1,918	0,236
T4	0,311	1,052	0,521	1	0,145
Tutarlılık Oranı:		0,0091	Toplam		1,000

Çizelge 5.11'e göre alt kriterlerin önem dereceleri sırasıyla; Elektrifikasyon ve otomasyon teknolojileri, Aydınlatma teknolojileri ve enerji verimli liman binaları, Kıyı güç kaynağı ve Soğutuculu konteynerler şeklindedir. Teknolojik boyut ana kriterine ait alt kriter matrisi için tutarlılık hesabı aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

$n=4$ için, $RI= 0,90$, $\lambda_{max}= 4,025$, $CI= 0,0081$ ve $CR= 0,0091$ olarak hesaplanmıştır.

$CR=0,0091 < 0.1$ olduğundan alt kriterler karşılaştırma matrisi tutarlıdır.

Teknolojik boyut ana kriterine ait alt kriterler matrisinin tutarlılık oranı (Consistency Ratio – CR) 0,0091 olarak bulunmuştur. Bu değer 0.1' den küçük olduğundan dolayı Teknolojik boyut ana kriterine ait alt kriterlerin AHP yöntemi ile ikili kıyaslamaları tutarlıdır.

Çevresel Boyuta ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi ve yerel ağırlıklar:

Çizelge 5.12. Çevresel Boyuta ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi ve yerel ağırlıkları

Çevresel	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Yerel Ağırlık
Ç1	1	1,719	2,088	1,540	1,719	0,301
Ç2	0,582	1,000	1,116	1,246	2,019	0,213
Ç3	0,479	0,896	1	0,763	1,052	0,154
Ç4	0,649	0,803	1,311	1	1,809	0,200
Ç5	0,582	0,495	0,950	0,553	1	0,133
Tutarlılık Oranı:		0,0128		Toplam		1,000

Çizelge 5.12.'ye göre alt kriterlerin önem dereceleri sırasıyla; Yeşil liman mevzuatları, Liman çevre ve enerji yönetim planları, Yenilenebilir enerji kullanımı, Yeşil liman çevresel ölçütleri ve Alternatif yakıtlardır.

Çevresel Boyut ana kriterine ait alt kriter matrisi için tutarlılık hesabı aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

$n=5$ için, $RI=1,12$, $\lambda_{max}=5,058$, $CI=0,0143$ ve $CR=0,0128$ olarak hesaplanmıştır.

$CR=0,0128 < 0,1$, alt kriterler karşılaştırma matrisi tutarlıdır.

Çevresel boyut ana kriterine ait alt kriterler matrisinin tutarlılık oranı (**Consistency Ratio – CR**) **0,0128** olarak bulunmuştur. Bu değer 0.1' den küçük olduğundan dolayı Çevresel boyut ana kriterine ait alt kriterlerin AHP yöntemi ile ikili kıyaslamalarının tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

Ekonomik Boyut ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi ve yerel ağırlıklar.

Çizelge 5.13. Ekonomik Boyuta ait alt kriterlerin karşılaştırma matrisi ve yerel ağırlıkları

Ekonomi	E1	E2	E3	E4	Yerel Ağırlık
E1	1	3,589	1,809	3,712	0,457
E2	0,279	1	0,422	1,246	0,127
E3	0,553	2,371	1	4,143	0,317
E4	0,269	0,803	0,241	1	0,100
Tutarlılık Oranı:		0,0157		Toplam	1,000

Çizelge 5.13'e göre alt kriterlerin önem dereceleri sırasıyla; Devlet teşvikleri, Yeşil sertifikalar, Yardım fonları hibeler ve Liman başkanlığının bütçesidir.

Ekonomik Boyut ana kriterine ait alt kriter matrisi için tutarlılık hesabı aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

$n=4$ için, $RI=0,90$, $\lambda_{max}=4,043$, $CI=0,0142$ ve $CR=0,0157$ olarak hesaplanmıştır.

$CR=0,0157 < 0,1$, alt kriterler karşılaştırma matrisi tutarlıdır.

Ekonomik Boyut ana kriterine ait alt kriterler matrisinin tutarlılık oranı (**Consistency Ratio – CR**) **0,0157** olduğundan tutarlı olarak bulunmuştur.

Bütün alt kriterler için aynı şekilde matrisler oluşturulmuştur. Alt kriterler arası karşılaştırma matrisi sonucunda bulunan değerler bir sonraki çizelge 5.14'te kriterlerin global ağırlıkları ile çarpılarak nihai tablodaki ağırlık değerlerini oluşturmaktadır.

Çizelge 5.14. Alt kriterlerin yerel ağırlıkları

KRİTERLER	ALT KRİTERLER	YEREL AĞIRLIK
TEKNOLOJİK (0,420)	T1	0,46
	T2	0,16
	T3	0,24
	T4	0,14
ÇEVRESEL (0,253)	Ç1	0,3
	Ç2	0,21
	Ç3	0,15
	Ç4	0,2
	Ç5	0,13
EKONOMİK (0,327)	E1	0,46
	E2	0,13
	E3	0,32
	E4	0,1

Bütün alt kriterler arası karşılaştırma matrisi sonucunda bulunan değerlere göre alt kriterlerin global ağırlıkları sırasıyla T1, E1, E3, T3, Ç1, T2, T4, Ç2, Ç4, E2, Ç3, E4 ve Ç5 şeklindedir.

6. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışma sonucunda elde edilen bilgilere göre konteyner limanlarında enerji verimliliği ana kriterlerinin global ağırlıkları şu şekildedir:

Türkiye’deki konteyner limanlarında yapılan enerji verimliliği uygulamalarına ana kriterler ve global ağırlıklar Çizelge 6.1’ de verilmiştir. Ana kriter olarak global ağırlıkları sırayla Teknolojik Boyut (0,420), Ekonomik Boyut (0,327) ve Çevresel Boyut (0,253) olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular ışığında en önemli ana kriterin “Teknolojik Boyut” olduğu sonucuna varılmıştır.

Çizelge 6.1. Ana kriterlere ait global ağırlıklar ve tutarlılık oranı

Ana Kriterler	Global Ağırlık
1. Teknolojik Boyut (TB)	0,420
2. Çevresel Boyut (ÇB)	0,253
3. Ekonomik Boyut (EB)	0,327
Tutarlılık oranı (Consistency Ratio – CR)= 0,0010	

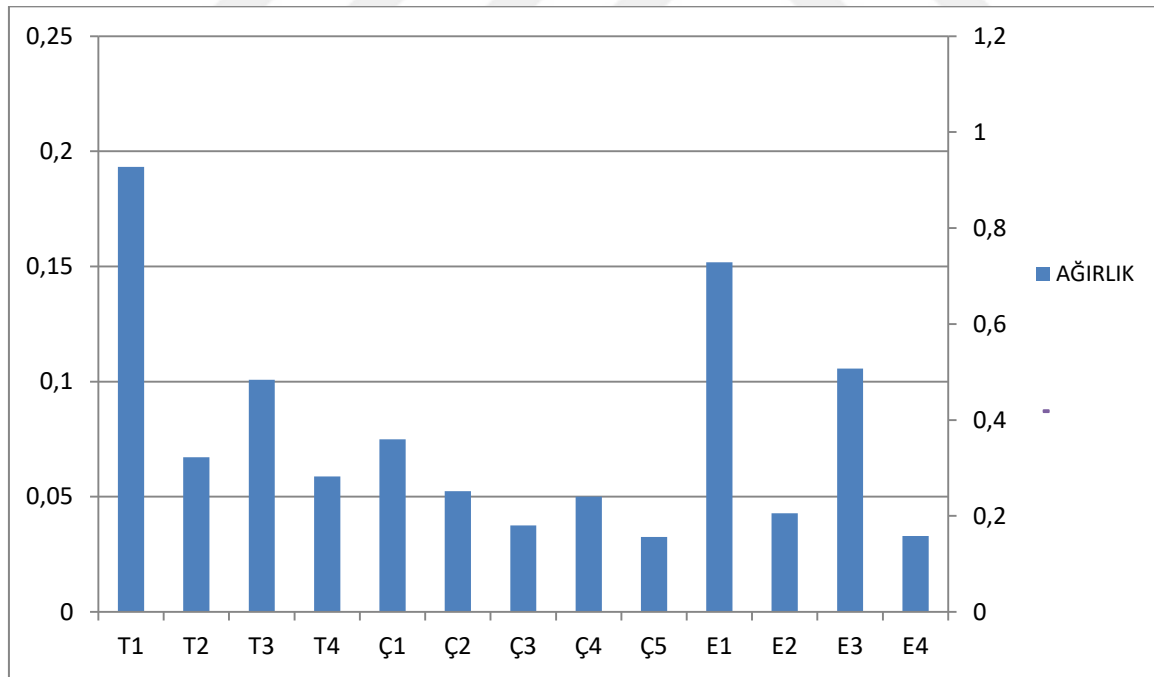
Bu araştırmada Çizelge 6.1’de görülen 3 ana kriterinin kendi içinde ikili karşılaştırmaları sonucundaki analizlerin tutarlılık testi yapılmış ve tutarlılık oranı (Consistency Ratio – CR) 0,0010 olarak bulunmuştur. Bu değer 0.1’ den küçük olduğundan dolayı ana kriterlerin AHP yöntemi ile ikili kıyaslamalarının tutarlı olduğu belirtilmiştir.

Bu bağlamda teknolojik boyutta yapılan uygulamaları ele alan çalışmalara baktığımızda: İris ve Lam (2019), limanlarda elektrifikasyon sistemlerinin kullanılmasının önemine dikkat çekmişlerdir. Lauf ve Sauff (2007), Soğutuculu konteyner kullanımının günümüzde bir ihtiyaç haline geldiğini belirtmiştir. Sdoukopoulos ve diğerleri, (2019), OPS sistemi kullanılarak gemilerde enerji verimliliği sağlandığını belirtilmiştir.

Ekonomik boyutta yapılan uygulamaları ele alan çalışmalara baktığımızda: Abolhosseini ve Hesmati (2014), teşvik uygulamalarının enerji verimliliğinin arttırdığını belirtmişlerdir. Couture ve diğerleri, (2010), birçok ülkede teşvik sistemi olarak sabit fiyat garantisinin kullanıldığını belirtmişlerdir. Tezcan ve Kuleyin (2017), Avrupa ülkelerinde yeşil sertifika kullanımının desteklendiğini belirtmiştir.

Çevresel boyutta yapılan uygulamaları ele alan çalışmalara baktığımızda: Chengpeng ve diğerleri (2018), yeşil limanların liman faaliyetlerinden kaynaklanan olumsuz çevresel etkilerin azaltılmasına katkıda bulunduğunu belirtmiştir. Sdoukopoulos ve diğerleri (2019), Avrupa'daki limanlarda yenilenebilir enerji kullanımının enerji verimliliği kazanımı sağladığını belirtilmiştir.

Türkiye'deki konteyner limanlarında yapılan enerji verimliliği uygulamalarına alt kriterler ve global ağırlıkları Şekil 6.1' de verilmiştir. Alt kriterlerin global ağırlıkları sırasıyla; Elektrifikasyon ve Otomasyon Teknolojileri (0,193), Devlet teşvikleri (0,151), Yeşil sertifikalar (0,105), Aydınlatma teknolojileri ve enerji verimli liman binaları (0,100), Yeşil liman mevzuatları (0,075), Kıyı Güç Kaynağı (0,067), Soğutuculu konteyner (0,058), Yeşil liman çevresel ölçütleri (0,052), Yenilenebilir enerji kullanımı (0,050), Yardım fonları, hibeler (0,042), Liman çevre ve enerji yönetim planları (0,037), Liman başkanlığının bütçesi (0,033), Alternatif yakıtlar (0,032) olarak tespit edilmiştir.



Şekil 6.1. Alt kriterlere ait yerel ağırlıkların sütun grafiği

Araştırma sonucu elde edilen bulgulara göre Türkiye'deki konteyner limanları için en önemli enerji verimliliği alt kriteri "Elektrifikasyon ve otomasyon teknolojileri", en az önemli alt kriter ise "Liman başkanlığının bütçesi" dir. Türkiye'deki konteyner limanları

için ikinci en önemli enerji verimliliği alt kriteri “Devlet teşvikleri (E1)” üçüncü en önemli enerji verimliliği alt kriteri ise “Yeşil sertifikalar (Ç1)” dir.

Çalışmamızda konteyner limanları için birinci en önemli enerji verimliliği alt kriterinin “Elektrifikasyon ve Otomasyon Teknolojileri” olduğu belirtilmiştir. Martin ve diğerleri, (2014) çalışmalarında limanlarda kullanılan otomasyon teknolojilerinin liman operasyonlarının sürdürülebilirliği, konteyner akışlarının optimizasyonu, enerji tüketiminin azaltılması ve ekipmanların kullanım ömrünün uzaması üzerinde olumlu etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. İris ve Lam (2019) çalışmalarında terminallerde elektrikli ekipmanların enerji depolama araçlarına entegre edilmesinde kullanılan akıllı sayaçların ve hidrojen yakıt hücreli araçların elektrifikasyonunun önemine dikkat çekmişlerdir. Bu bağlamda yeni nesil limanlarda otomasyon, elektrifikasyon ve akıllı enerji yönetim sistemleri kullanımının liman işletmeciliği için faydalarının tartışılması gerekmektedir. Ayrıca mevcut limanlarda, liman altyapıları yeni teknolojilere entegre edilmelidir.

Yaptığımız çalışmada limanlar için ikinci en önemli enerji verimliliği alt kriterinin “Devlet teşvikleri” olduğu görülmüştür. Abolhosseini ve Hesmati (2014) çalışmalarında, teşvik uygulamalarının yapıldığı ülkelerde enerji verimliliğinin arttığını ve çevre kirliliğinin azaldığını belirtmişlerdir. Couture ve diğerleri (2010) yaptıkları çalışmada birçok ülkede teşvik sistemi olarak sabit fiyat garantisinin kullanıldığını ancak yapılan destek miktarının kullanılan enerji kaynağının potansiyeline göre farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Limanlarda uygulanacak projelere devlet veya özel kuruluşlar tarafından sağlanacak destekler yatırımcı için bir teşvik unsuru olmaktadır. Özellikle büyük oranda enerji verimliliği sağlayan ve akıllı sistemlerin kullanıldığı projeler desteklenmelidir.

Limanlarda enerji verimliliğinin sağlanmasında Yeşil sertifikalar alt kriterinin ilk üç sırada yer almaktadır. Chengpeng ve diğerleri (2018) çalışmalarında; uluslararası deniz ticaretinin yapıldığı limanlarda liman faaliyetlerinden kaynaklanan olumsuz çevresel etkilerin azaltılması için yeşil liman kavramının geliştirildiğini belirtmişler. Köseoğlu ve Solmaz (2020) çalışmalarında yeşil limanların yeşil liman sertifikaları veya farklı teşvik fonlarından faydalanmak için çaba gösterdiklerini belirtmiştir. Tezcan ve Kuleyin (2017) çalışmalarında, Almanya, Hollanda, Polonya, Finlandiya, İngiltere ve Fransa gibi Avrupa ülkelerine ait yeşil limanlarda yeşil sertifika teşviki ile yeşil enerji üretiminin desteklendiğini belirtmiştir. Köseoğlu ve Solmaz (2020: 43) çalışmalarında yeşil limanların

yeşil liman sertifikaları veya farklı teşvik fonlarından faydalanmak için çaba gösterdiklerini belirtmiştir. Yeşil sertifikaların tercih edilmesinin iki sebebi vardır. Bu sistemde yatırımcı belirli bir miktarda yeşil enerji kullanma zorunluluğu ile beraber yeşil sertifikanın sağladığı maddi olanaklardan faydalanmaktadır. Aynı zamanda liman faaliyetlerinden kaynaklanan çevresel etkiler azaltılmaktadır.

Çalışmamızda limanların enerji verimliliği alt kriterlerinden “Aydınlatma teknolojileri ve enerji verimli liman binaları” dördüncü sırada yer almaktadır. Hippinen (2014) çalışmasında Avrupa limanlarında binalarda enerji verimliliği uygulamalarının yapıldığını örneğin, Portsmouth limanında deniz kaynaklı jeotermal enerji ile binalarda ısıtma sağlandığını belirtmiştir. Sdoukopoulos ve diğerleri (2019) çalışmalarında, limanlarda uzaktan kumanda edilebilen LED teknolojisi kullanımı sonucunda tasarruf edilen enerji miktarının %50 ile %60 arasında değiştiğini belirtmişler. Limanlar gündüz olduğu kadar gece de faaliyet gösterilen iş alanları olduğundan liman aydınlatmasında kullanılan sistemlerin tasarruflu olması enerji verimliliği sağlayacaktır. Bir liman için yeni bir aydınlatma sistemi kurmak ilk kurulum maliyeti açısından caydırıcı olabilir. Ancak uzun vadede düşünüldüğünde LED aydınlatma sistemlerinin sağlayacağı tasarruf oranı sayesinde harcanan ilk maliyetin birkaç yıl içinde kendini amorti edeceği ortadadır. Ayrıca liman binalarında (yönetim binası, depolar v.b.) güneş enerjisi kullanımı veya yalıtım sistemleri kullanımı sonucu enerji verimliliği sağlanabilir.

Yatığımız çalışmada konteyner limanları için beşinci en önemli enerji verimliliği alt kriterinin ise “Yeşil liman mevzuatları ” olduğu görülmüştür. Köseoğlu ve Solmaz (2019: 43) yaptıkları çalışmada uygulanan mevzuatların liman ve gemi kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılmasında, kaynakların korunmasında, atıkların azaltılmasında ve limanlarla ilgili yasal, yönetsel ve finansal konularda faydalı olduğunu belirtmiştir (Köseoğlu ve Solmaz, 2020: 39). Ayrıca Puig ve diğerleri (2022) ESPO’nun yayınladığı çevre raporlarının Avrupa limanlarının gelişimini ve eğilimlerini göstermek için bir veri tabanı olarak kabul edildiğini belirtmiştir.

Türkiye limanlarının enerji verimliliği öncelikleri açısından Kıyı Güç Kaynağı kullanımı altıncı sırada gelmektedir. Sdoukopoulos ve diğerleri (2019) çalışmalarında, limanlarda OPS sistemi kullanılarak gemilerin limanda buldukları süre içinde enerji ihtiyacının

karşılandığını ve OPS sisteminin kullanılması sonucu karbondioksit emisyonlarında azalma sağlandığını belirtmiştir.

Türkiye limanlarının enerji verimliliği öncelikleri açısından Soğutuculu konteyner kullanımı yedinci sırada gelmektedir. Lauf ve Sauff (2007: 714) çalışmalarında, tarım ürünlerinin dağıtımında depolar ve araçlar arasında yapılan aktarmalar sırasında ürünlerin bozulduğunu belirtmiştir. İpekçi ve Tanyaş (2021), soğutuculu konteynerlerin taşınan gıdanın yol boyunca gerekli ısı sınırları içinde korunmasını sağlayan nitelikli araçlar olduğunu ve özellikle 2019 yılında yaşanan Covid-19 pandemi sürecinde üretilen ilaç ve aşılardan taşınmasında soğuk zincir lojistiğinin kullanıldığını belirtmiştir.

Yaptığımız çalışmada Türkiye limanları için enerji verimliliği alt kriterinden Yeşil liman çevresel ölçütleri öncelik sıralamasında sekizinci sırada yer almaktadır. Chengpeng ve diğerleri (2018) yaptıkları çalışmada; uluslararası deniz ticaretinin yapıldığı limanların küresel çevreyi etkilediği ve liman faaliyetlerinden kaynaklanan olumsuz çevresel etkilerin azaltılması için yeşil liman kavramının geliştirildiği belirtmiştir.

Yaptığımız çalışmada Türkiye limanları için enerji verimliliği alt kriterinden Yenilenebilir enerji kullanımı dokuzuncu sırada yer almaktadır. Sdoukopoulos ve diğerleri (2019) çalışmalarında, Avrupa'daki farklı limanlarda yenilenebilir enerji kullanımına dair uygulamaların enerji verimliliği kazanımı sağladığını belirtmişler. Ayrıca çalışmalarında yeşil limanlarda OPS sistemi ile gemilere aktarılan enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilmesinin mümkün olduğunu belirtmişler. Hippinen (2014: 29) çalışmasında Avrupa'nın önemli limanlarından olan Portsmouth limanında dünyada ilk defa deniz kaynaklı jeotermal enerji üretimi yapıldığını ve enerji verimliliği sağlandığını belirtmiştir.

Türkiye limanlarının enerji verimliliği öncelikleri açısından Yardım fonları, hibeler onuncu sırada yer almaktadır. Ancak Avrupa birliği ülkelerinde limanlarda enerji verimliliğinin sağlanması için limanlara çeşitli yardım fonları ve hibeler sağlanmaktadır. Örneğin Rotterdam limanına yenilenebilir yakıt dolmuş istasyonu kurulması ve elektrikli demiryolu lokomotiflerinin kullanılması için Avrupa birliğinden MAGPIE projesi için hibe sağlanmıştır (MAGPIE, 2021). Cenova limanında Liman Çevresi Enerji Planı Projesinin uygulanması için Avrupa ortak finansmanı sağlanmıştır (Port of Genoa, 2020b).

Türkiye limanlarının enerji verimliliği öncelikleri açısından “Liman çevre ve enerji yönetim planları onuncu sırada yer almaktadır. İris ve Lam (2019) çalışmalarında, ISO 50001 enerji yönetim sistemi standartlarına uyan limanların enerji verimliliğini iyileştirmek ve enerji tüketim miktarını ölçmek için çeşitli süreçler oluşturduğunu belirtmişler. Ayrıca 2016 yılında Avrupa ülkelerine ait limanların %75'inin ihtiyaçlarını karşılamak için enerji verimliliği programlarını kullanmaya başladığını belirtmişlerdir. Vaio ve Varriale (2018) tarafından yapılan araştırmada; 1997-2017 yılları arasında liman kaynaklı çevresel etkilerin, çevre yönetimi ve çevresel sürdürülebilirlik gibi konularla beraber incelendiği görülmektedir.

Türkiye limanlarının enerji verimliliği alt kriterlerinden Liman başkanlığının bütçesi son sıralarda gelmektedir. Akgüç (2009: 753) yaptığı çalışmada işletmelerin kuruluşu veya faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi sırasında güçlü bir öz kaynağa sahip olmalarının önemi üzerinde durmuştur. Akdaş (2012: 56) yaptığı çalışmada özel mülk veya işletme olan limanlarda uygulanan projelerin getiri oranının piyasanın faiz oranından büyük olması gerektiğini belirtmiştir. Türkiye limanlarının enerji verimliliği öncelikleri açısından Alternatif yakıtlar son sırada yer almaktadır. Ancak Aygül (2021: 28-29) yaptığı çalışmada, gemilerin dizel motorlarında kullanılan sıvı yakıtların yapısında %85-90 oranında karbon bulunduğunu belirtmiştir. Karlı ve diğerleri, (2020: 10) çalışmalarında Hamburg limanında yolcu gemilerine düşük emisyonlu güç sağlamak için LNG kullanıldığını belirtmişler.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Türkiye genelinde liman yetkilileri ve akademisyenlerle anket yapılmış ve konteyner limanlarındaki enerji verimliliği uygulamalarının öncelik sıralamasının belirlenmesi için Saaty'nin geliştirmiş olduğu AHP metodu kullanılmıştır.

Öncelikle enerji verimliliğine ait 3 ana kriterin, kendi içinde ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Yapılan analizlerin tutarlılık oranı hesaplanmış ve bulunan değerin (CR=0,001038) 0,1'den küçük olduğu tespit edilmiştir. Ana kriterlerin öncelik sıralamasına bakıldığında sırayla **teknolojik boyut, ekonomik boyut, çevresel boyut** şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

Daha sonra “Teknolojik Boyut” ana kriterine ait 4 alt kriterin, kendi içinde ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Yapılan analizlerin tutarlılık oranı hesaplanmış ve bulunan değerin (CR=0,0091) 0,1'den küçük olduğu tespit edilmiştir. Alt kriterlerin öncelik derecesi sırayla; **elektrifikasyon ve otomasyon teknolojileri, aydınlatma teknolojileri ve enerji verimli liman binaları, kıyı güç kaynağı, soğutuculu konteynerler** şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

Daha sonra “Ekonomik Boyut” ana kriterine ait 4 alt kriterin, kendi içinde ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Yapılan analizlerin tutarlılık oranı hesaplanmış ve bulunan değerin (CR=0,0157) 0,1'den küçük olduğu tespit edilmiştir. Alt kriterlerin öncelik derecesi sırayla; **devlet teşvikleri, yeşil sertifikalar, yardım fonları hibeler, liman başkanlığının bütçesidir** şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

Son olarak “Çevresel Boyut” ana kriterine ait 5 alt kriterin, kendi içinde ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Yapılan analizlerin tutarlılık oranı hesaplanmış ve bulunan değerin (CR=0,0128) 0,1'den küçük olduğu tespit edilmiştir. Alt kriterlerin öncelik derecesi sırayla; **yeşil liman mevzuatları, liman çevre ve enerji yönetim planları, yenilenebilir enerji kullanımı, yeşil liman çevresel ölçütleri, alternatif yakıtlar** şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

Türkiye’deki liman paydaşlarının ve yetkililerinin, araştırma sonucunda tespit edilen enerji verimliliği ana kriterlerinin öncelik derecelerine göre, konteyner limanlarının yeni teknolojiler kullanılarak inşa edilmesi ve eski limanlar için liman alt yapılarının yeni teknolojik gelişmeler kullanılarak entegrasyonun sağlanması için önlemler alınması gerektiği sonucuna varılmıştır. Limanların gelişimleri sırasında teknolojik boyutu ön planda tutarak yatırımların teknolojinin gelişimi dikkate alınarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Limanların yeni projeler uygulaması konusunda teşvik programları ile desteklenmesi önem arz etmektedir. Ayrıca liman kaynaklı çevresel etkilerin azaltılması çalışmaları yapılmalıdır.

Konteyner limanlarına sahip olan ülkelerin coğrafi konumları, enerji kaynakları ve teknolojik gelişmişlik düzeyleri birbirinden farklılık gösterebilir. Bu sebeple her ülke veya her liman için enerji verimliliği kazanımının da farklı olduğu ortadadır. Ancak yaşadığımız teknoloji çağında her şey hızla değişmekte ve gelişmektedir. Tüm sektörlerde olduğu gibi limancılık sektörü de bu gelişim sürecinden geçmektedir. Bu bağlamda bilimsel verilere dayanan bir yaklaşımla konteyner limanlarında enerji verimliliği sağlayacak uygulamaların yapılması için çalışmalar yapılmalıdır.

Bu çalışmanın Türkiye’deki konteyner limanları için bir rehber niteliği taşıması amacıyla enerji verimliliği kriterlerinin belirlenmesi ve bu kriterlerin öncelik sıralamasının saptanması hedeflenmiştir. Elde edilen bilgiler sonucu, limanların enerji verimliliğini artırabilmeleri ve diğer dünya limanlarıyla rekabet edebilmeleri için yapılacak uygulamalar konusunda liman yöneticilerine karar verme aşamasında yardımcı olmak istenmiştir.

Ülkemizdeki konteyner limanları için çalışmada tespit edilen enerji verimliliği kriterlerine ait öncelikler ilgili kuruluşlar tarafından dikkate alınmalı ve limanlar enerji verimliliği sağlayan uygulamaların yapılması konusunda teşvik edilmelidir. Ayrıca her yıl veya belirli aralıklarla denizcilik sektörü başta olmak üzere enerji ile ilgili diğer sektörlerde de enerji verimliliği öncelikleri belirlenmeli ve güncellenmelidir. Belirlenen hedefler doğrultusunda yapılan uygulamalar ölçülerek eksik görülen noktalarda yeni stratejiler geliştirilmelidir.

Öneriler:

- Limanlar için enerji verimliliği kriterleri bilimsel yöntemler kullanılarak tespit edilmeli,
- Her yıl için enerji verimliliği kriterleri güncellenmeli ve yeniden öncelik sıralaması yapılmalı,
- Belirlenen enerji verimliliği sağlayan uygulamalar tüm limanlarla paylaşılmalı,
- Konteyner limanları yeni teknolojiler kullanma konusunda teşvik edilmeli,
- Limanlarda otomasyon sistemlerinin kullanımını arttırılmalı,
- Liman altyapıları yeni teknolojik sistemlerin kullanımına uygun hale getirilmeli,
- Liman çalışanlarına operasyonlarda enerji verimliliğinin arttırılmasını sağlamak için gerekli eğitimler verilmeli,
- Liman kaynaklı çevresel etkiler tespit edilmeli, her yıl raporlar tutulmalı ve çevresel etkiyi azaltacak çalışmalar yapılmalı,
- Limanların enerji verimliliği rutin olarak denetlenmeli,
- Limanların yeşil sertifika alma konusunda zorunlu tutulmalı,
- Limanlar için tasarlanan yenilenebilir enerji projeleri desteklenmeli,
- Denizcilik sektörünün tüm paydaşlarında enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılmasının sonuçları konusunda farkındalık oluşturulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abolhosseini, S., and Heshmati, A. (2014). The main support mechanisms to finance renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 876-885.
- Adıyaman, Ç. (2012). Türkiye'nin yenilenebilir enerji politikaları, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Niğde.
- Aguirre, M, and Ibikunle, G. (2014). Determinants of renewable energy growth: A Global Sample Analysis. *Energy Policy*, 69, 374-384.
- Akdaş, O. (2012). Finansal değerlendirme tekniklerinin denizcilik yatırım projelerine uygulanması: Liman işletmesi örneği. Yayınlanmamış Doktora Tezi. *DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Akdağ, V. ve Gözen, M. (2019). Yenilenebilir enerji projelerine yönelik güncel yatırım ve finansman modelleri: seçilmiş ülke örnekleri üzerinden bir değerlendirme. *Izmir Democracy University Social Sciences Journal*, 2(2), 138-172.
- Akdoğan, D. A. ve Berksoy, T. (2018). Yenilenebilir Enerjide Kamu Politikaları ve Türkiye. *Journal Of Life Economics*, 5(3), 19-42.
- Akgüç, Ö. (2009). *Finansal Yönetim*. Ankara: Avcıol Basım Yayın.
- Akın, M. (2020). Yeşil limanlarda performans kriterlerinin değerlendirilmesi üzerine nicel bir araştırma, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *İskenderun Teknik Üniversitesi/Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay.
- Alkusal, M. (2006). Dondurulmuş gıda sektöründe bütünleşik lojistik ilişkilerin lojistik hizmet kalitesine ve performansına etkisi. Yayınlanmamış Doktora Tezi. *DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Arık, A. (2016). Yenilenebilir enerji politikalarının sürdürülebilirliği: AB ülkeleri ve Türkiye açısından bir değerlendirme. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ordu.
- Arslan, A. (2002). Kamu harcamalarında verimlilik, etkinlik ve denetim. *Maliye Dergisi*, 140(2), 1-14.
- Ateş, A. ve Akın, M. (2014). Türkiye' de yeşil liman kavramı ve yasal çerçevesi. *Akademik Platform*.
- Ateş, A. ve Esmer, S. (2011). Veri zarflama analizi ile Türkiye'deki konteyner terminallerinin etkinlik ölçümü, *12th International Symposium on Econometrics Statistics and Operations Research*, May 26-29, Denizli-TURKEY.

- Ayan, Y. T. ve Pabuçcu, H. (2013). Yenilenebilir enerji kaynakları yatırım projelerinin analitik hiyerarşi süreci yöntemi ile değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 89-110.
- Aydın, M. (2016). Enerji ölçeğinin sürdürülebilir kalkınmadaki rolü: Türkiye değerlendirmesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 14 (28), 409-441.
- Aygül, Ö. (2021). Van gölü bölgesinde faaliyet gösteren gemilerden kaynaklı egzoz emisyonlarının tahmini, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *İskenderun Teknik Üniversitesi/Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay.
- Aygül, Ö. ve Baştuğ, S. (2020). Deniz kaynaklıdır ve insan saldırısıdır. *Deniz Taşımacılığı ve Lojistiği Dergisi*, 1 (1), 26-40.
- Bal, K. (2014). Liman işletmelerinde ISO 14001 çevre yönetim sistemi standardı ve uygulama örneği (Master's thesis, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Başkaya, Z. ve Akar, C. (2005). Üretim Alternatifi Seçiminde Analitik Hiyerarşi Süreci: Tekstil İşletmesi Örneği (Selecting The Best Production Alternative By Using Analytical Hierarchy Process: The Case Of Textile Company). *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1.
- Bayraç, H. N. ve Çildir, M. (2017). AB yenilenebilir enerji politikalarının ekonomik büyüme üzerindeki etkisi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(13), 201-212.
- Bayraç, H. N. (2010). Enerji Kullanımının Küresel Isınmaya Etkisi ve Önleyici Politikalar. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 11 (2), 229-259.
- Bayraktar, Y. ve Kaya, H. İ. (2016, October). Kamu teşviklerinin yenilenebilir enerji yatırımları üzerine etkisi: Türkiye örneği. *In ICPESS (International Congress on Politic, Economic and Social Studies)* (No. 1).
- Beşikçi, E. B. (2015). Gemi Sefer Yönetiminde Enerji Verimliliğinin Optimizasyonu (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Bo, Z., Mihardjo, L. W., Dahari, M., Abo-Khalil, A. G., Al-Qawasmi, A. R., Mohamed, A. M., and Parikhani, T. (2021). Thermodynamic and exergoeconomic analyses and optimization of an auxiliary tri-generation system for a ship utilizing exhaust gases from its engine. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125012.
- Boile, M., Theofanis, S., Sdoukopoulos, E. ve Plytas, N. (2016). Bir liman enerji yönetimi planı geliştirmek: Sorunlar, zorluklar ve beklentiler. *Ulaşım Araştırma Kaydı*, 2549 (1), 19-28.
- Boyle, G., ve Energy, R. (2004). Power for a sustainable future. Renewable Energy, 2nd edn. *Oxford University Press, Oxford, UK*.

- Bozkurt, A. Ü. (2008). Yenilenebilir enerji Enstitüsü, enerji kavramının değerlendirilmesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *DEÜ Sosyal Bilimleri*, İzmir.
- Brown, P. (2013). European Union wind and solar electricity policies: overview and considerations. *Congressional Research Service*, 7 August 2013.
- Bülbül, S. ve Köse, A. (2011). Türk Gıda Şirketlerinin Finansal Performansının Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleriyle Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 25(Özel), 71-97.
- Cihan, E. (2019). Yenilenebilir enerji ve Türkiye'de güneş enerjisi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Hasan Kalyoncu Üniversitesi*, Gaziantep.
- Chengpeng, W., Di, Z. Xingping, Y, Zaili, Y. (2018). A novel model for the quantitative evaluation of green port development – A case study of major ports in China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 61(B): 431-443.
- Comparethemarket (2019). “2019 Yılında Dünya’da En Yüksek Yenilenebilir Enerji Oranına Sahip İlk On Ülke” .<https://www.comparethemarket.com>
- Contestabile, P., Ferrante, V., Di Lauro, E., and Vicinanza, D. (2016). “Napoli Limanında Dalga Enerjisi Dönüşümü İçin Dalgakıran Üstü Prototip”, *Uluslararası Açık Deniz ve Kutup Mühendisleri Derneği*.
- Couture, TD, Cory, K., Kreycik, C., ve Williams, E. (2010). Politika yapıcının tarife garantisi politikası tasarımına yönelik kılavuzu (No. NREL/TP-6A2-44849). Ulusal Yenilenebilir Enerji Laboratuvarı (NREL), Golden, CO (Amerika Birleşik Devletleri).
- Çalışkan, Ş. (2009). Türkiye'nin enerjide içerik ve enerji arz güvenliği sorunu. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25, 297.
- Çelikkaya, A. (2017). Yenilenebilir enerjinin teşvikine yönelik uluslararası kamu politikaları üzerine bir inceleme. *Maliye Dergisi*, 172, 52-84.
- Çepik, B. (2015). Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde Türkiye'de yenilenebilir enerji politikaları. Yayınlanmamış Doktora Tezi. *Maltepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul.
- Çiftçi, G. T. ve Cook, J. (2013). *İklim Değişikliği Bilimi: Modern Bir Sentez: Cilt 1- Fiziksel iklim* (Cilt 1). Springer Hollanda. <https://tethys-engineering.pnnl.gov/publications/prototype-overtopping-breakwater-wave-energy-conversion-port-naples-0> Son Erişim Tarihi: 05.01.2021.
- Çukurçayır, M. A. ve Sağır, H. (2008). Enerji sorunu çevre ve alternatif enerji kaynakları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (20), 257-278.
- Danışman, İ. K. ve Özalp, G. (2016). Karbon Ayak İzinin Azaltılmasında Yeşil Liman Uygulamasının Rolü: Marport Örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 8, 99-166.

- Danışman, İ. K. (2012). Türkiye’de liman çevre yönetimi ile ilgili düzenlemeler. Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi, 4(2), 69-87.
- Dışişleri Bakanlığı, (2019). “Paris Anlaşması”, <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>, Son Erişim Tarihi: 26.11.2021.
- Doğan, M. (2018). Küresel Kamusal Mal Kapsamındaki Hava Kirliliğine Neden Olan Etkenlerin Havacılık Sektörü Odaklı İncelenmesi *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5 (13) 142-156 Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gusbd/issue/36957/371864>
- Dogan, S., Doğan, E. ve Tüzer, M. (2020). Küresel ısınma ve iklim değişikliği: bilimsel uzlaşmadan politik ayrışmaya. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(39), 1453-1484.
- Dünyaenerji (2020). *Dünya Enerji Konseyi Türkiye*, “Açık Deniz Yenilenebilir Enerji Raporu 2020” <https://www.dunyaenerji.org.tr/wp-content/uploads/2020/12/Acik-Deniz-Yenilenebilir-Enerji-Raporu.pdf>
- EcoPorts (2019). The story of EcoPorts building a worldwide network for sharing experience in *Port Environmental Management*. http://www.ecoport.com/assets/files/common/brochures/The_Story_of_EcoPorts-v8with_pictures.pdf, Son Erişim Tarihi: 05.10.2021.
- EİGM (2020a). “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Güneş”. <http://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklari-gunes>, Son Erişim Tarihi: 10.12.2021.
- EİGM (2020b), “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Rüzgar”. <http://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklariruzgar>, Son Erişim Tarihi: 10.12.2021.
- EİGM (2020c), “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Jeotermal”. <http://enerji.gov.tr/eigm-yenilenebilir-enerji-kaynaklari-jeotermal>, Son Erişim Tarihi: 10.12.2021.
- Enerjiportali (2018). “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Nelerdir”. <https://www.enerjiportali.com/yenilenebilir-enerji-kaynaklari-nelerdir/>. Son Erişim Tarihi: 22.09.2021.
- Erdal, L. (2011). Enerji arz güvenliğini etkileyen faktörler ve yenilenebilir enerji kaynakları alternatifi, Yayınlanmamış Doktora Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Aydın.
- Erdoğan, N. (2020). Türkiye’de yenilenebilir enerjiye yönelik teşvikler ile yenilenebilir enerji üretimi arasındaki etkileşim ve finansal yansımaları, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Sivas.

- Erdoğan, M. (2019). Gemide Enerji Verimliliği Farkındalığının Öncülleri ve Sonuçları, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Esmer, S. (2009). Konteyner terminallerinde lojistik süreçlerin optimizasyonu ve bir simülasyon modeli (*Doctoral dissertation, DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü*).
- Espey, S. (2001). Yenilenebilir portföy standardı: yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik ticareti için bir araç mı? *Enerji Politikası*. 29 (7), 557-566.
- ESPO, The European Sea Ports Organisation (2012). *ESPO Green Guide*. https://www.espo.be/media/espopublications/espo_green%20guide_october%202012_final.pdf, Son Erişim Tarihi: 05.10.2021.
- ESPO, (2020). *ESPO Environmental Report 2020 Eco Ports in Sights 2020* <https://www.ecoport.com/publications/environmental-report-2020>
- Euronews, (2021). "Avrupa'nın Yeni Offshore Rüzgar Enerjisi Sektörü Yükselişte" . <https://tr.euronews.com/green/2021/06/09/avrupa-n-n-offshore-ruzgar-enerjisi-sektoru-yukseliste>, Son Erişim Tarihi: 05.10.2021.
- Evli, S. (2018). Türkiye'de sürdürülebilir kalkınma ve yenilenebilir enerji kaynakları, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi*, Hatay.
- ETKB (2020). *Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı*. <http://www.yegm.gov.tr>
- Forman, E. H. Gass, S. I. (2001). The Analytic Hierarchy Process: *An Exposition, Operations Research*, 49 (4): 469-486.
- Gülay, A. N. (2008). Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye'nin geleceği ve Avrupa Birliği ile karşılaştırılması, Yayınlanmamış Doktora Tezi, *DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü*, İzmir.
- Güner, M. ve Yücel, Ö. (2007). Konfeksiyon üretiminde temel kriterlerin hiyerarşik modellenmesi ile üretilecek en uygun ürünün belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(1).
- Gülsaç, I. Işık. (2009). "Okyanuslardan gelen enerji dalga enerjisi." *Bilim ve Teknik Dergisi* 58.
- Hahn, E. D. (2003). Belirsiz yargılarla karar verme: Analitik hiyerarşi sürecinin stokastik bir formülasyonu. *Karar Bilimleri*, 34 (3), 443-466.
- Harker, P. T. ve Vargas, L. G. (1990). JS Dyer tarafından yazılan "Analitik hiyerarşi süreci üzerine açıklamalar" a yanıt verin. *Yönetim Bilimi*, 36 (3), 269-273.
- Hippinen, I. ve Federley, J. (2014). Fact-finding study on opportunities to enhance the energy efficiency and environmental impacts of ports in the Baltic Sea Region. Study of the Baltic Sea Region Energy Cooperation (BASREC): Helsinki, Finland.

- IMO (2019). <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/06GHGinitialstrategy.aspx>, Son Erişim Tarihi:05.01.2021.
- IMO (2019). imo.org. IMO /Marine Environment / Pollution Prevention / Air Pollution and GHG Emissions / Energy Efficiency Measures: <http://www.imo.org/en/ourwork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/technical-and-operational-measures.aspx> Son Erişim Tarihi:10.10.2021.
- IMO (2009). *International Maritime Organisation*. “Guidance for the Development of a Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP), MEPC.1/Circ.683”.
- IMO (2021). *International Maritime Organisation*.” UN body adopts climate change strategy for shipping” . <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/06GHGinitialstrategy.aspx>, Son Erişim Tarihi: 20.10.2021.
- Ilık, M. (2020). Tatvan Limanının Yeşil Liman Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. *Bitlis Eren Üniversitesi ve Fırat Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, Bitlis.
- investinprovence (2016). First French Marine Geothermal Energy Plant Opened at Euroméditerranée, *Marseille*: <https://www.investinprovence.com/en/news/first-french-marine-geothermal-energy-plant-opened-at-euromediterranee-marseille> Son Erişim Tarihi: 20.10.2021.
- İpekçi, E. ve Tanyaş, M. (2021). Soğuk Zincir Lojistiği Uygulamaları ve Türkiye’de Soğuk Zincir Lojistiğinin Swot Analizi. *Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (26), 46-64.
- İris, Ç. ve Lam, JSL (2019). Limanlarda enerji verimliliğine bir bakış: Operasyonel stratejiler, teknolojiler ve enerji yönetim sistemleri. *Yenilenebilir ve Sürdürülebilir Enerji İncelemeleri*, 112, 170-182.
- Jastrzabek, O. A., Pawłowska, B. ve Czermański, E. (2018). Polonya deniz limanları ve Yeşil Liman konsepti. *Gelen Konferansları SHS Web* (Cilt. 57, s. 01023). EDP Bilimleri.
- Kara, S. (2013). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerjiye İktisadi Bakış*.
- Karaaslan, A. ve Aydın, S. (2020). Yenilenebilir enerji kaynaklarının çok kriterli karar verme teknikleri ile değerlendirilmesi: Türkiye Örneği. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 34(4), 1351-1375.
- Karakaya, H. (2017). Enerji verimliliği kapsamında Türkiye'nin enerji tüketimi ve ekonomik büyümesi arasındaki nedensellik ilişkisinin değerlendirilmesi. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(2), 26-39.

- Karlı, Karlı, R. G. Ö. ve Aydın, H. (2021). Rotterdam, Antwerp Ve Hamburg Limanlarının Akıllı Liman Bağlamında Değerlendirilmesi. *Global Journal of Economics and Business Studies*, 9(18), 1-16.
- Kınacı, H. ve Yıldız, F. (2019). *Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Sektörüne Yönelik Devlet Teşviklerinin Değerlendirilmesi*. Ekin Yayıncılık, Ankara.
- Koç, E. ve Kaya, K. (2015). Enerji kaynakları–yenilenebilir enerji durumu. *Mühendis ve Makina*, 56(668), 36-47.
- Koç, E. ve Şenel, M. C. (2013). “Dünyada ve Türkiye’de enerji durumu–genel değerlendirme,” *Mühendis ve Makina Dergisi*, cilt 54, sayı 639, s. 32-44.
- Koldemir, B., ve Yapıcı, M. (2014). Gemilerden Kaynaklanan Hava Kirliliğini Azaltma Amacıyla Türkiye ve Dünya’da Koruma Uygulamaları. 1. Ulusal Gemi Trafik Hizmetleri Kongresi, 97, 110.
- Konyalı, İ. (2019). Türkiye için mevcut enerji üretimine alternatif yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının seçimi, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara.
- Korucuk, S., ve Memiş, S. (2019). Yeşil liman uygulamaları performans kriterlerinin Dematel yöntemi ile önceliklendirilmesi: İstanbul örneği. *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 7(16), 134-148.
- Köseoğlu, M. C., ve Solmaz, M. S. (2019). Yeşil liman yaklaşımı: Türkiye ve Dünya yeşil liman ölçütlerinin karşılaştırmalı bir değerlendirmesi, *IV. Ulusal Liman Kongresi*, 7-8.
- Külekçi, Ö. C. (2009). Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 83-91.
- Lauf, J. O., ve Sauff, H. (2007, September). Secure lightweight tunnel for monitoring transport containers. In *2007 Third International Conference on Security and Privacy in Communications Networks and the Workshops-SecureComm 2007* (pp. 484-493). IEEE.
- Lee, G. K., ve Chan, E. H. (2008). The analytic hierarchy process (AHP) approach for assessment of urban renewal proposals. *Social indicators research*, 89, 155-168.
- MAGPIE, (2021). AB, 'Yeşil Liman Projesi' İçin Yaklaşık 25 Milyon Euro'luk Fon Sağladı. Erişim Adresi: <https://www.magpie-ports.eu/energy-transition/> Son Erişim Tarihi: 07.10.2021.
- Marindealnews (2021). “Sürdürülebilir Yeşil Bir Dünya İçin/ Yeşil Liman” , www.marindealnews.com, Son Erişim Tarihi: 20.10.2021.
- MARPOL (2020). [https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](https://www.imo.org/en/About/Conventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx), Son Erişim Tarihi: 20.10.2021.

- Martín-Soberón, A. M., Monfort, A., Sapiña, R., Monterde, N., & Calduch, D. (2014). Automation in port container terminals. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 160, 195-204.
- Mataracı, G. D. G. (2016). Yeşil liman yaklaşımı ve liman işletmelerinde sürdürülebilirlik, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Merk, O. (2014). Shipping emissions in ports, International Transport Forum Discussion Paper, No. 2014-20, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), *International Transport Forum*, Paris.
- Mirdalı, M. (2018). Limanlar İçin Bütünleşik Yenilenebilir Enerji Güç Sistemlerinin Tekno-Ekonomik Analiz. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Murat, G. ve Çelik, N. (2007). Analitik prosedürler süreci ile otel işletmelerinde hizmet güvencesi değerlendirmesi: Bartın örneği. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 3 (6), 1-20.
- Ngai, E. W. ve Chan, E. W. C. (2005). AHP kullanarak bilgi yönetimi araçlarının değerlendirilmesi. *Uygulamalı uzman sistemler*, 29 (4), 889-899.
- Ngai, E. W. T., Chau, D. C. K., Poon, J. K. L. ve To, C. K. M. (2013). Sürdürülebilir üretim süreci için enerji ve kamu hizmeti yönetimi olgunluk modeli. *Uluslararası Üretim Ekonomisi Dergisi*, 146 (2), 453-464.
- NGV Global News (2018), 2018 Küresel Gaz Raporu, <https://www.ngvglobal.com/blog/2018-global-gas-report-published-0629>
- Ömürbek, N., Üstündağ, S., ve Helvacıoğlu, Ö. C. (2013). Use of analytic hierarchy process (AHP) in location decision: A study in Isparta region. *Journal of Management Sciences*, 11(21), 101-16.
- Ömürbek, N. (2013). Analitik hiyerarşi süreci ve analitik ağ süreci yöntemlerinde grup kararı verilmesi aşamasına ilişkin bir örnek uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 47-70.
- Önal, E. ve Yarbay, R. Z. (2010). Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve geleceği. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(18), 77-60.
- Önder, G. ve Önder, E. (2015). Çok kriterli karar verme yöntemleri.(Ed.) BF Yıldırım & E. Önder, *Analitik hiyerarşi süreci*, 21-74.
- Öztürk, C. (2020). Güneş enerji sistemlerinde verim analizi ve enerji kayıplarının tespiti, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Hasan Kalyoncu Üniversitesi*, Gaziantep.

- Öztürk, H. H. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı*, Teknik Yayın Evi, Ankara.
- Portofamsterdam (2019a). “Limanda LNG ikmal”, <https://www.portofamsterdam.com/en/shipping/inland-shipping/facilities/lng-bunkering>, Son Erişim Tarihi: 20.10.2021.
- Port of Antwerp (2021a). *Port Of Antwerp Is Aiming To Be A Climate-Neutral Port By 2050*. <https://www.portofantwerp.com/en/climate-action>. Son Erişim Tarihi: 03.12.2021.
- Ports of Genoa, (2020a). *The Port Environmental Energy Plan (PEAP)*. <https://www.portsofgenoa.com/en/green-port-en/environmental-energy-plan-peap.html>.
- Ports of Genoa, (2020b). *European projects* <https://www.portsofgenoa.com/en/green-port-en/eu-projects.html>.
- Portofrotterdam (2021a). “European Hub For Biomass 2015” <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/2021-06/european-hup-for-biomass-port-of-rotterdam.pdf> Son Erişim Tarihi: 07.02.2021ç
- Portstrategy (2016). “Dover Strares at the Green Tide” <https://www.portstrategy.com/searchresults?qkeyword=Dover+Looks+into+Green+Tidal+Energy> Son Erişim Tarihi: 07.02.2021.
- Puig, A., Wooldridge, S., ve Dabra, (2022). “Avrupa Liman Sektörünün Çevre Yönetim Sistemine İlişkin Görüşler” Cilt 806, Bölüm 2, 1 Şubat 2022, 150550, <https://doi.org/10.1016/j.scitoten.2021.150550>; <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721056278>)
- Renewables (2018). *Global Status Report (REN21) Released*, [https://www.energia.org/renewables-201-globa-statu-report\(REN21\)](https://www.energia.org/renewables-201-globa-statu-report(REN21)) Son Erişim Tarihi: 17.07. 2021.
- Saaty, T. L. (1990). Nasıl karar verilir: analitik hiyerarşi süreci. *Avrupa yöneylem araştırması dergisi*, 48 (1), 9-26.
- Saaty, T. L. (1994). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *Interfaces*, 24(6), 19-43.
- Saaty, T. L., ve Kearns, K. P. (2014). *Analytical planning: The organization of system* (Vol. 7). Elsevier.
- Saaty, T. L., ve Tran, L. T. (2007). Analitik Hiyerarşi Sürecinde bulanıklaştırıcı sayısal yargıların geçersizliği üzerine. *Matematiksel ve Bilgisayar Modelleme*, 46 (7-8), 962-975.
- Satır, T. ve Doğan-Sağlamtimur, N. (2018). The protection of marine aquatic life: Green Port (EcoPort) model inspired by Green Port concept in selected ports from

- Turkey, Europe and the USA. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences* (PEN), 6(1), 120-129.
- Sdoukopoulos, E., Boile, M., Tromaras, A., and Anastasiadis, N. (2019). Avrupa limanlarında enerji verimliliği: Uygulama durumu ve ileriye yönelik görüşler. *Sürdürülebilirlik*, 11 (18), 4952.
- Serkendiz, H., Tatlı, H. ve Öztürk, B. (2018). Türkiye'deki Potansiyel Rüzgâr Enerji Yoğunluğunun Yeniden Tanımlanması. *Journal of Awareness*, 3(5), 739-350.
- Sevdim, R. E. (2018). Yenilenebilir enerji kaynaklarının hibrit kullanımını yapay zeka ile modellemesi, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Gelişim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Shahbaz, M., Loganathan, N., Zeshan, M., and Zaman, K. (2015). Does renewable energy consumption add in economic growth? An application of auto-regressive distributed lag model in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 576-585.
- Suplychaindive (2018). “*Port of Amsterdam adds solar panels in sustainability*”. <https://suplychaindive.com/news/port-of-amsterdam-adds-solar-panels-in-sustainability-push/529844> Son Erişim Tarihi: 10.03.2021.
- Sustainableworldports (2020). “*Amsterdam Limanı-İleri Dönüşüm Fabrikası*” <https://sustainableworldports.org/project/port-of-amsterdam-upcycle-factory>. Son Erişim Tarihi: 07.02.2021.
- Şahin M. E. (2020). Açık deniz rüzgâr sistemleri üzerine bir inceleme ve Danimarka Model. *Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü*, 53100, Rize
- Tezcan, Ö. ve Kuleyin, B. (2017). Avrupa limanlarında enerji verimliliği uygulamaları: bir doküman analizi. *III. Ulusal Liman Kongresi*. doi: 10.18872/DEU.df.ULK.2017.014
- TEİAŞ (2020), *Türkiye Elektrik İletim A.Ş.* <https://www.teias.gov.tr> Son Erişim Tarihi: 17.07.2021.
- Tran, T. A. (2017). A research on the energy efficiency operational indicator EEOI calculation tool on M/V NSU JUSTICE of VINIC transportation company, Vietnam. *Journal of Ocean Engineering and Science*, 2(1), 55-60.
- Tokuşlu, A. (2019). İstanbul Boğazında gemi kaynaklı hava emisyonlarının analizi ve etkilerinin ortaya konulması.
- TSKB (2020). *Türkiye Sınai Kalkınma Bankası*, <https://www.tskb.com.tr/>, Son Erişim Tarihi: 20.06.2021.

- TUİK (2021). “Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri”
<https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Sera-Gazi-Emisyon-Istatistikleri-1990-2018-33624>, Son Erişim Tarihi: 22.10.2021.
- TÜRKLİM (2019). Türkiye Liman İşletmecileri Derneği.<https://www.turklim.org/turklim-uyesi-20-liman-yesil-liman-sertifikasinin-sahibi-oldu/>
- Uğurlu, Ö. Y., ve Algan, N. T. D. (2006). Türkiye’de çevresel güvenlik bağlamında sürdürülebilir enerji politikaları, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Ulusoy, T. (2017). Yenilenebilir enerji finansmanına güncel yaklaşımlar. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 433-443.
- Ulusoy, A. ve Daştan, C. B. (2018). Yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik vergisel teşviklerin değerlendirilmesi. *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 7(17), 123-160.
- Upcyclefactory (2021). *Making Waste Valuable*, “We Find High-Value Destinations For Industrial Scale Waste Streams”. <https://upcyclefactory.nl>, Son Erişim Tarihi: 07.02.2022
- Uzun, A, ve Değirmen, M. (2018). Endüstriyel işletmelerde enerji verimliliği ve enerji yönetimi. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 83-97.
- Ülgen, A. (2018). Yenilenebilir enerji kullanımını teşvik yolları üzerine bir değerlendirme, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Vaio, V., ve Varriale, I. (2017). Management Innovation for Environmental Sustainability in Seaports: Managerial Accounting Instruments and Training for Competitive Green Ports beyond the Regulations. *Sustainability* 2018, 10(783): 1-35.
- Windeurope (2019). “Wind energy in Europe in 2019” .<https://windeurope.org/wp-content/uploads/files/about-wind/statistics/WindEurope-Annual-Statistics-2019.pdf>, Son Erişim Tarihi: 20.10.2021
- Yapıcı, M. ve Koldemir, B. (2015). Limanlarda alternatif yenilenebilir enerji kullanımının İncelenmesi, II. *Ulusal Liman Kongresi*, 5-6.
- Yılmaz, C. (2013). Türk Bayraklı Gemilerin Enerji Verimliliğinin İncelenmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul.
- Yılmaz, E. A. ve Öziç, H. C. (2018). Türkiye’nin yenilenebilir enerji potansiyeli ve gelecek hedefleri. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 8(3), 525-535 Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/odusobiad/issue/40617/388868>

- Yılmaz, F. (2019). Yeşil-Eko liman yaklaşımının deniz ticareti ve lojistik sektörüne katkıları: Türkiye ve AB'deki uygulamaların karşılaştırması. *Journal of Transportation and Logistics*, 4(2), 65-78.
- Yılmaz, M. (2012). Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 33-54.
- Yılmaz, O. (2021). Denizcilikte Enerji Verimliliği Tasarım İndeksi Analizi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü*, İstanbul
- Yılmaz, O. ve Hotunluoğlu, H. (2015). Yenilenebilir enerjiye yönelik teşvikler ve Türkiye. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(2), 74-97.
- Yiğit, K. (2018). Gemi teknolojisinde alternatif enerji sistemlerinin kullanım potansiyelinin incelenmesi. *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, (214), 5-18.
- Zahedi, F. (1986). The analytic hierarchy process—a survey of the method and its applications. *Interfaces*, 16(4), 96-108



EKLER

EK-I. Anket formları

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
DENİZ ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

KONTEYNER LİMANLARINDA ENERJİ VERİMLİLİĞİ
UYGULAMALARININ AHP YÖNTEMİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışma, İskenderun Teknik Üniversitesi Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü Deniz Ulaştırma Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek lisans Programı öğrencisi Nilüfer ŞİMŞEK tarafından, Dr. Öğr. Üyesi Sedat BAŞTUĞ danışmanlığında yürütülen “Limanların Enerji Verimliliği ve Emisyon Azaltımı Stratejilerinin AHP Yaklaşımı ile Önceliklendirilmesi” başlıklı bir araştırma çalışmasıdır.

1.Bu çalışmada, limanlarda enerji verimliliğini sağlamak ve sera gazı emisyonlarını azaltmak amacıyla yapılan uygulamaların, sistematik bir şekilde yürütülmesini sağlamak için gerekli stratejilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılacaktır. Çalışmanın örneklemini, TÜRKLİM üyesi olan yeşil limanlarda çalışan yetkili kişilerden elde edilen bilgiler oluşturmaktadır.

2.Bu araştırma sonucunda elde edilen bilgiler yalnızca bilimsel amaçlı kullanılacaktır. Ayrıca çalışmaya dahil olan liman işletmeleri ve çalışanlarına ait bilgiler hiçbir kişi ve kurumla paylaşılmayacaktır. Talep edilmesi halinde ankete katılanlara araştırma sonuçları sunulacaktır.

4.Bu çalışmanın, Deniz Ulaştırma Mühendisliği bilimi için faydalı olmasını amaçlamaktayız. Çalışmaya sağlayacağınız katkı ve yardımlarınız için şimdiden teşekkür ederiz.

Saygılarımızla,
11/ 04/ 2022

Nilüfer ŞİMŞEK

İskenderun Teknik Üniversitesi, Barbaros Hayrettin Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi,
Merkez Kampüs

Deniz Ulaştırma Mühendisliği Yüksek Lisans Öğrencisi

ANKET KATILIMCISININ:

Aşağıda belirtilen tablo anket katılımcılarına **bilgi amaçlı** sunulmuştur.

Çalışma kapsamında limanlarda enerji verimliliğinin sağlanması ve emisyon değerlerinin azaltılması için yapılan uygulamalara ait ana kriterler ve alt kriterlere ait göstergeler belirlenmiştir.

Anket çalışmasında, katılımcılardan alt kriterlerin birbirleri ile kıyaslanması istenilmektedir.

ANA KRİTERLER		ALT KRİTERLER	
I. Teknolojik Boyut(TB)		1.	(T1) Elektrifikasyon ve otomasyon teknolojileri
		2.	(T2) Kıyı güç kaynağı (OPS)
		3.	(T3) Aydınlatma teknolojileri ve Enerji verimli liman binaları
		4.	(T4) Soğutuculu konteynerler
II. Çevresel Boyut(ÇB)		1.	(Ç1) Yeşil liman mevzuatları
		2.	(Ç2) Yeşil liman çevresel ölçütleri
		3.	(Ç3) Liman çevre ve enerji yönetim planları
		4.	(Ç4) Yenilenebilir enerji kullanımı
		5.	(Ç5) Alternatif Yakıtlar
III. Ekonomik Boyut(EB)		1.	(E1) Devlet teşvikleri
		2.	(E2) Yardım fonları, hibeler
		3.	(E3) Yeşil sertifikalar
		4.	(E4) Liman başkanlığının bütçesi

Limanların enerji verimliliği stratejileri belirlenirken aşağıdaki ana kriterlerden hangisi size **daha önemlidir**? İkili kıyaslama yapınız.

ANA KRİTERLERİN BİRBİRLERİ İLE İKİLİ KARŞILAŞTIRILMASI										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Teknolojik Boyut(TB)										Çevresel Boyut(ÇB)
Teknolojik Boyut(TB)										Ekonomik Boyut(EB)
Çevresel Boyut(ÇB)										Ekonomik Boyut(EB)

Limanların enerji verimliliği stratejileri belirlenirken aşağıdaki alt kriterlerden hangisi size **daha önemlidir**? İkili kıyaslama yapınız.

TÜM ALT KRİTERLERİN BİRBİRLERİ İLE İKİLİ KARŞILAŞTIRILMASI										
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Elektrifikasyon ve otomasyon teknolojileri										Kıyı güç kaynağı (OPS)
Elektrifikasyon ve otomasyon teknolojileri										Aydınlatma teknolojileri ve Enerji verimli liman binaları
Elektrifikasyon ve otomasyon teknolojileri										Soğutuculu konteynerler
Kıyı güç kaynağı (OPS)										Aydınlatma teknolojileri ve Enerji verimli liman binaları
Kıyı güç kaynağı (OPS)										Soğutuculu konteynerler
Aydınlatma teknolojileri ve Enerji verimli liman binaları										Soğutuculu konteynerler
Yeşil liman mevzuatları										Yeşil liman çevresel ölçütleri
Yeşil liman mevzuatları										Liman çevre ve enerji yönetim planları
Yeşil liman mevzuatları										Yenilenebilir enerji kullanımı
Yeşil liman mevzuatları										Alternatif Yakıtlar

Yeşil liman çevresel ölçütleri										Limn çevre ve enerji yönetim planları
Yeşil liman çevresel ölçütleri										Yenilenebilir enerji kullanımı
Yeşil liman çevresel ölçütleri										Alternatif Yakıtlar
Limn çevre ve enerji yönetim planları										Yenilenebilir enerji kullanımı
Limn çevre ve enerji yönetim planları										Alternatif Yakıtlar
Yenilenebilir enerji kullanımı										Alternatif Yakıtlar
Devlet teşvikleri										Yardıml fonları, hibeler
Devlet teşvikleri										Yeşil sertifikalar
Devlet teşvikleri										Limn başkanlığının bütçesi
Yardıml fonları, hibeler										Yeşil sertifikalar
Yardıml fonları, hibeler										Limn başkanlığının bütçesi
Yeşil sertifikalar										Limn başkanlığının bütçesi

EK-II. Katılımcı uzmanlara ait demografik bilgiler

Uzman	Görevi	Sektör Deneyimi (yıl)	Eğitim Düzeyi
1	Limán müdürü	16	Lisans
2	Limán planlama şefi	18	Lisans
3	Akademisyen	10	Doktora
4	Limán Başkanı	20	Yüksek Lisans
5	Akademisyen	15	Doktora
6	Akademisyen	10	Doktora
7	Mühendis	20	Lisans
8	Akademisyen	15	Doktora
9	Uzakyol Kaptanı	24	Lisans

EK-III. Enerji verimliliği ana kriterlerinin karşılaştırma verileri

Kriterler					Eşit					Kriterler
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
TB			2	4	2	2				ÇB
TB				4	4	2				EB
ÇB				2	4	4				EB

Enerji verimliliği alt kriterlerinin karşılaştırma verileri.

Kriterler					Eşit					Kriterler
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
T1		1	5	1	1	2				T2
T1			3	5		2				T3
T1		1	4	3	2					T4
T2			1	2	1	4	2			T3
T2		1	3	2	2	2				T4
T3			3	4	1	1	1			T4
Ç1			2	4	2	2				Ç2
Ç1		1	2	4	1	2				Ç3
Ç1			3	3	1	2	1			Ç4
Ç1			2	4	2	2				Ç5
Ç2			1	4	1	3	1			Ç3
Ç2			1	4	2	2	1			Ç4
Ç2			2	5	2	1				Ç5
Ç3				3	2	4	1			Ç4
Ç3			2	2	2	3	1			Ç5
Ç4			3	3	2	2				Ç5
E1		1	4	4	1					E2
E1			3	3	2	2				E3
E1		2	3	4	1					E4
E2				1	2	3	3	1		E3
E2			3	6	1					E4
E3			4	6						E4



TEKNOVERSİTE



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

İSTE

