



**İSKENDERUN TEKNİK**

ÜNİVERSİTESİ

MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK  
LİSANS  
TEZİ**

**KÖMÜR VE DOĞALGAZ İLE ÇALIŞAN  
TERMİK SANTRALLERİN RETSCREEN  
PROGRAMI İLE ÇEVRESEL  
ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMALI  
İNCELENMESİ**

**Tuğba Güler GÜNAYDIN TANÇ**

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI

ŞUBAT 2020



**KÖMÜR VE DOĞALGAZ İLE ÇALIŞAN TERMİK SANTRALLERİN  
RETSSCREEN PROGRAMI İLE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN  
KARŞILAŞTIRILMALI İNCELENMESİ**

**Tuğba Güler GÜNAYDIN TANÇ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞUBAT 2020**

Tuğba Güler GÜNAYDIN TANÇ tarafından hazırlanan “KÖMÜR VE DOĞALGAZ İLE ÇALIŞAN TERMİK SANTRALLERİN RETSCREEN PROGRAMI İLE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMALI İNCELENMESİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İskenderun Teknik Üniversitesi Makine Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Doç. Dr. Hüseyin Turan ARAT

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi)

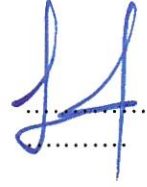
Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum.



**Başkan:** Prof. Dr. Ertuğrul BALTACIOĞLU

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi)

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



**Üye:** Doç. Dr. Gökhan TÜCCAR

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Otomotiv Anabilim Dalı, Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi)

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



**Üye:** Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi)

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



**Üye:** Dr. Öğr. Üyesi Semir GÖKPINAR

Anabilim Dalı, Üniversite Adı (Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, İskenderun Teknik Üniversitesi)

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

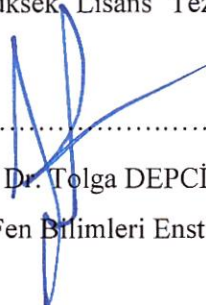


Tez Savunma Tarihi: 06/02/2020

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

Prof. Dr. Tolga DEPCİ

Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



## ETİK BEYAN

İskenderun Teknik Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde 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,

bildirim, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.



İmza

Tuğba Güler GÜNAYDIN TANÇ

06/02/2020

KÖMÜR VE DOĞALGAZ İLE ÇALIŞAN TERMİK SANTRALLERİN RETSCREEN  
PROGRAMI İLE ÇEVRESEL ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMALI İNCELENMESİ  
(Yüksek Lisans Tezi)

Tuğba Güler GÜNAYDIN TANÇ

İSKENDERUN TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Şubat 2020

ÖZET

Nüfus popülasyonunun yıllar geçtikçe artması ve hızla gelişen sanayileşme sonucu insanoğlunun enerjiye ihtiyacı gün geçtikçe artmaktadır. Her ne kadar yenilenebilir enerji kaynakları üzerine çalışmalar yoğunlaşsada, birincil enerji kaynaklarını terk etme noktasında hala yarım asırlık bir süre olduğu öngörülmektedir.

Birincil enerji kaynaklarının özellikle enerji üretimi alanında kullanımına en büyük örnekler termik santraller olarak gösterilmektedir. Termik santrallerin hem doğaya yaptığı salınımlar hem de yüksek maliyetleri dikkatlice izlenilmesi ve gerekli fizibilete raporlarının hazırlanması hem çevre açısından hem de maliyet açısından büyük önem arz etmektedir.

İskenderun, kurulması ve karşılaştırılması planlanan iki ayrı termik santral için referans yer olarak kabul edilmiştir. Kurulması planlanan bu iki santraller, kömür yakıtlı termik santral ve doğalgaz yakıtlı termik santrallerdir. Her iki termik santral de maliyetsel ve çevresel olarak incelenmiştir.

Bu tez çalışmasında incelenen iki termik santral, çevre açısından incelendiğinde kömür yakıtlı termik santral sera gazı etkisini %140 oranında artırırken, doğalgaz yakıtlı termik santral bölgenin sera gazı emisyonlarını optimal seviyede tutmuştur. Geri ödeme süreleri açısından ise, kömür yakıtlı termik santral kendisini 8 senede amorti ederken, doğalgaz yakıtlı termik santral ise kendisini 6,1 senede amorti etmiştir.

AnahtarKelimeler : Termik santraller, Çevresel etkiler, Ekonomik Analiz, Retscreen Programı

Sayfa Adedi : 43

Danışman : Doç. Dr. Hüseyin Turan ARAT

COMPARATIVE INVESTIGATION OF THE ENVIRONMENTAL EFFECTS OF COAL  
AND NATURAL GAS THERMAL POWER PLANTS WITH RETSCREEN PROGRAM  
(MSc.Thesis)

Tuğba Güler GÜNAYDIN TANÇ

ISKENDERUN TECHNICAL UNIVERSITY  
ENGINEERING AND SCIENCE INSTITUTE

February 2020

ABSTRACT

As the population of the population increases over the years and rapidly developing industrialization, the human need for energy is increasing day by day. Although studies on renewable energy sources have intensified, it is foreseen that there is still half a century of abandonment of primary energy sources. Although electric vehicles have zero emission emissions while on-driving, electricity is handled from fossil resources on power plants. When this situation is taken into consideration, the systems where the electricity production can be achieved with the emulation of the least emissions are being researched for the use in the automotive industry.

The biggest examples of the use of primary energy sources, especially in the field of energy production, are shown as thermal power plants. It is of great importance both in terms of environment and cost that both the emissions to the nature of thermal power plants and the high costs are carefully monitored and the necessary feasibility reports are prepared.

İskenderun has been accepted as the reference site for two separate thermal power plants planned to be established and compared. These two power plants planned to be established are coal-fired thermal power plants and natural gas-fired thermal power plants. Both thermal power plants were examined financially and environmentally.

The two thermal power plants examined in this thesis study increased the greenhouse gas effect of coal-fired power plants by 140%, while the natural gas fueled thermal power plant kept the greenhouse gas emissions of the region at an optimal level. In terms of reimbursement periods, the coal-fired power plant pays for itself in 8 years, while the natural gas-fired power plant pays for itself in 6.1 years.

KeyWords : Thermal Power Plants, Environmental Impacts, Economic Analysis,

PageNumber : 43

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Turan ARAT

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında, büyük bir titizlik, sabır ve özveriyle bana destek olan, yoğun akademik görevlerine rağmen her fırsatta zaman ve ilgisini esirgemeyen, yol gösteren ve bilimsel çalışmamda bana yardımcı olan tez danışmanım değerli hocam Doç. Dr. Hüseyin Turan ARAT' a en derin saygılarımı ve minnettarlığımı iletmek isterim.

Tez çalışmasında kıymetli zamanlarını ve fikirleri ile desteklerini esirgemeyen jüri üyeleri; Prof. Dr. Ertuğrul Baltacıoğlu, Doç. Dr. Gökhan TÜCCAR'a, Doç. Dr. Cuma KARAKUŞ'a ve Dr. Öğr. Üyesi Semir GÖKPINAR'a teşekkür ediyorum.

Ayrıca tezin düzenlenmesi ve kontrolü aşamasında desteklerini ve önerilerini paylaşmaktan çekinmeyen İSTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü Prof. Dr. Tolga DEPCİ ve Müdür Yardımcısı Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Hakan DEMİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak hayatımın her aşamasında bana destek olan annem Melek GÜNAYDIN'a ve kardeşlerim Dilara GÜNAYDIN'a ve Ayça KAYA'ya bu çalışmanın onurunun ve bana ait her türlü hakkının kendilerine ait olduğunu söylemek istiyorum.

Tez çalışması süresince her türlü desteğini ve anlayışını benden esirgemeyen canım eşim Dr. Öğr. Üyesi Bahattin TANÇ'a en derin duygularıyla teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmanın ülkemize yararlı olmasını temenni ediyorum.

**İÇİNDEKİLER****Sayfa**

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1.GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Materyal.....	16
3.1.1.Ham madde emisyon değerleri.....	16
3.1.2.Ham maddelerin maliyet analizleri.....	17
3.2. Yöntem.....	17
3.2.1.RetScreen Program.....	17
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	26
4.1. Kömür Yakıtlı Termik Santral Emisyon ve Maliyet Değerleri.....	27
4.2. Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral Emisyon ve Maliyet Değerleri.....	31
4.3. İki Termik Santralin Karşılaştırılması.....	35
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	36
KAYNAKLAR.....	38
ÖZGEÇMİŞ.....	44



**ÇİZELGELERİN LİSTESİ**

<b>Çizelge</b>	<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.1 Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Sera Gazı Emisyonu Miktarı (Enerji Atlası, 2017).....	3
Çizelge 1.2. Ülkemize Farklı Bölgelerden İthal Edilen Doğalgazın Bileşenleri .....	4
Çizelge 4.1. Kömür Yakıtlı Termik Santal Buhar Türbini .....	28
Çizelge 4.2. Doğalgaz Yakıtlı Termik Santal Buhar Türbini .....	32
Çizelge 4.3. Seragazı salınım karşılaştırması .....	35
Çizelge 4.4. Maliyet ve Geri ödeme süreleri karşılaştırılması.....	35

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. 2019 yılında Türkiye’de Toplam Enerji Üretiminin Birincil Kaynaklara Göre Yüzdelerlik Dağılımı (TEİAŞ, 2019) .....	1
Şekil 1.2. Dünya Enerji Kaynakları Kullanımının Yüzdelerlik Dağılımı (Anonim,2019) .....	6
Şekil 3.1 Sera Gazı Emisyon Değerleri .....	16
Şekil 3.2 RetScreen Arayüzü .....	19
Şekil 3.3 RetScreen Analiz Ekranı.....	20
Şekil 3.4 RetScreen Rapor Analiz Örneği .....	22
Şekil 4.1 Tesis yeri ve iklimsel verileri .....	26
Şekil 4.2. Kömür Yakıtlı Termik Santral Retscreen Ekranı .....	27
Şekil 4.3. Kömür Yakıtlı Termik Santral Hammadde Maliyet Giriş Ekranı .....	28
Şekil 4.4. Kömür Yakıtlı Termik Santral Emisyon Değerleri .....	29
Şekil 4.5. Kömür Yakıtlı Termik Santral Finansal Analiz Ekranı.....	30
Şekil 4.6. Kömür Yakıtlı Termik Santral Özsermaye Geri Ödeme Süreleri .....	30
Şekil 4.7. Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral Retscreen Ekranı .....	31
Şekil 4.8. Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral Hammadde Fiyat Giriş Ekranı .....	32
Şekil 4.9. Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral Emisyon Değerleri .....	33
Şekil 4.10. Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral Finansal Analiz Ekranı.....	34
Şekil 4.11. Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral Özsermaye Geri Ödeme Süresi .....	34

## SİMGELER VE KISALTMALAR

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

### Simgeler

### Açıklamalar

CO<sub>2</sub>

Karbondioksit

N<sub>2</sub>O

Azotdioksit

### Kısaltmalar

### Açıklamalar

TEİAŞ

Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi

WEO

Dünya Enerji Görünümü

HRSG

Isı Geri Kazanım Buhar Jenaratörü

SNG

Sentetik Doğalgaz

CHP

Kombine Isı ve Güç

CFB

Kloroflorokarbon

PM

Parçaçık Madde

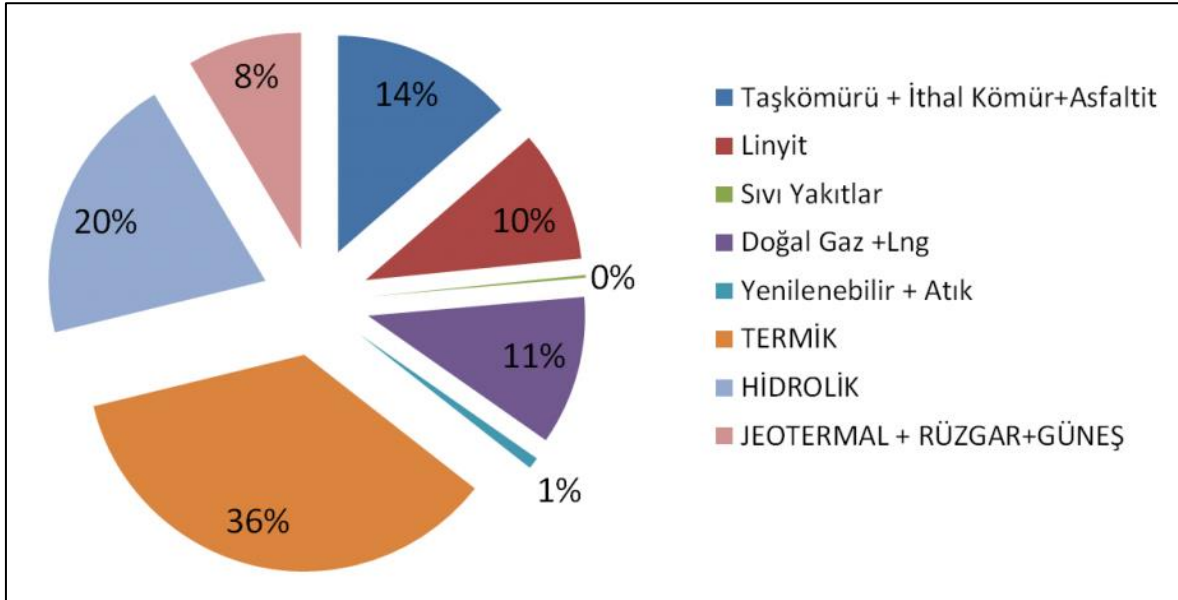
LNG

Sıvı Doğalgaz

## 1.GİRİŞ

Küresel yüzey sıcaklığı antropojenik iklim değişikliği başta olmak üzere, sanayi devrimi ile birlikte ortaya çıkan yüksek karbondioksit ve diğer sera gazları salınımı sebebiyle 1850 yılından beri gün geçtikçe artmaktadır (Abalos M. ve ark., 2019). Artan enerji ihtiyacı ile birlikte kullanımı artan fosil yakıtlar, birincil enerji kaynakları olarak adlandırılmaktadır.

Üç ana fosil yakıt vardır: kömür, petrol ve doğal gaz. Kömür ucuz ve boldur, ancak yakıldığında birçok kirlenici madde salmaktadır. Petrol veya ham petrol bulmak daha zordur ve yapı olarak daha temiz yanmaya uygundur ve kömürün aksine, boru hatlarından taşınabilmektedir, bununla birlikte benzin veya gazyağı gibi yakıtlara kolayca rafine edilebilir (Chalvatzis, K. J., & Ioannidis, A., 2017). Doğal gaz da kömür veya ham petrolün aksine daha ucuz ve nispeten daha temiz bir enerji kaynağı olarak tercih edilmektedir. 2019 yılı itibari ile elektrik üretiminin birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı Türkiye Elektrik Üretim Anonim Şirketi (TEİAŞ) tarafından yayınlanmıştır. Şekil 1.'de gösterilen grafikte termik güç santrallerinin ve birincil enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki rolünün önemi anlaşılmaktadır.



Şekil 1.1. 2019 yılında Türkiye’de Toplam Enerji Üretiminin Birincil Kaynaklara Göre Yüzdelerle Dağılımı (TEİAŞ, 2019)

Ham petrol, hidrokarbon yatakları ve diğer organik malzemelerden uzun zaman içerisinde doğal olarak oluşan, rafine edilmemiş bir petrol ürünüdür (Zou, C ve ark, 2016). Benzin, dizel ve çeşitli petrokimya bazlı kullanılabilir ürünleri üretmek için kullanılan fosil yakıt olarak adlandırılır ve rafine edilebilirler. Yenilenemez bir kaynaktır, yani tükettiğimiz oranda doğal olarak değiştirilemez ve bu nedenle sınırlı bir kaynaktır. Petrol dünyanın ulaşım için birincil yakıt kaynağıdır. Çoğu yağ yeraltı rezervuarlarından dışarı pompalanır, ancak şist ve katran kumlarına gömülü olarak da bulunabilir. ıkarıldıktan sonra ham petrol, akaryakıt, benzin, sıvılaştırılmış petrol gazı ve böcek ilacı, gübre, ilaç ve plastik gibi diğer yakıt dışı ürünler oluşturmak için petrol rafinerilerinde işlenirler. Dünyanın ulaşım için petrole olan yoğun bağımlılığı tüketimi azaltmayı zorlaştırmaktadır. Ancak petrolün büyük evre sorunlarına sebep olduğu açıkça görülmektedir (Fergusson, J. E. 1986). Petrol döküntülerinin ve çıkarılmasının neden olduğu çevresel bozulmanın yanı sıra, yakıtın yanması ciddi solunum problemlerine yol açabilecek ince partiküller salınmasında rol oynar. Petrol aynı zamanda sera gazı emisyonlarının önemli bir kaynağıdır. 2017 itibariyle ABD'de sera gazı emisyonlarının yüzde 45'inden petrol sorumludur. Çizelge 1.1.'de kaynaklara göre emisyon salınımı verilmiştir.

Çizelge 1.1 Birincil Enerji Kaynaklarına Göre Sera Gazı Emisyonu Miktarı (Enerji Atlası, 2017)

<b>Kaynak</b>	<b>Min. - Max. Sera Gazı Emisyonu (ton-CO<sub>2</sub>/GWh)</b>	<b>Ortalama Sera Gazı Emisyonu (ton-CO<sub>2</sub>/GWh)</b>
Linyit	790 - 1.372	1.054
İthal kömür	756 - 1.310	888
Taş kömürü	756 - 1.310	888
Fuel-oil	547 - 935	733
Doğal gaz	362 - 891	499
Nükleer	2 - 130	66
Jeotermal	-	38
Biyokütle	10 - 101	26
Hidroelektrik	2 - 237	26
Güneş	13 - 731	23
Rüzgâr	6 - 124	10

Kömür öncelikle elektrik üretmek için kullanılır ve 2017'de ABD'deki elektrik güç kaynağının yüzde 30'undan sorumludur (2017'de yüzde 39'dan 2007'de yüzde 50'den düşmüştür). ABD, Wyoming, West Virginia, Pennsylvania, Illinois ve Kentucky'nin üretiminde lider olduğu dünya toplamının yaklaşık yüzde 11'ini üretmektedir (Gray, S. 2017). Buna karşın, Çin, kömür arzında dünya lideridir ve 2015 itibariyle Dünya arzının yüzde 48'inden sorumludur. Kömürün yanması, asit yağmuruna neden olan kükürt dioksit, azot oksitler (NOx) ve cıva gibi hava kirleticilerini serbest bırakır. Madencilik süreci çevreye çok zarar verebilir ve genellikle bitki örtüsünün ve üst toprağın tahrip olmasına neden olabilir. Nehirler ve akarsular da maden atıkları tarafından yok edilebilir veya kirlenebilir (Gautam, S. ve ark., 2018)

Doğal gaz, dünya yüzeyinin derinliklerinde oluşan bir fosil enerji kaynağıdır. Doğal gaz birçok farklı bileşik içerir. Doğal gazın en büyük bileşeni, bir karbon atomuna ve dört hidrojen atomuna sahip bir bileşik olan metan, CH<sub>4</sub>'tür. Doğal gaz ayrıca daha az miktarlarda doğal gaz sıvıları (hidrokarbon gaz sıvıları olan NGL) ve karbon dioksit ve su buharı gibi hidrokarbon olmayan gazlar içerir. Tablo 1.1 de farklı bölgelerden ithal edilen doğalgazın bileşenleri verilmektedir. Doğal gaz, ülkemizde üretilen elektriğin yüksek bir payını oluşturmaktadır ve günümüzde ülkemizin enerji kullanımının yaklaşık üçte birine yakın bir bölümünü temsil etmektedir. En yaygın olarak binalar veya endüstriyel prosesler için ısı veya elektrik üretmek için kullanılır; Türkiye’de doğal gazının yüzde üçünden daha azı, otobüs filoları için bir ulaşım yakıtı olarak kullanılmaktadır. Doğal gaz, neredeyse sıfır kükürt dioksit emisyonu ve çok daha az azot oksit ve partikül emisyonu ile kömür ve petrolden daha temiz yanan bir gazdır (Chen, Q. ve ark., 2019). Doğal gaz petrolden yaklaşık yüzde 30 daha az karbondioksit ve kömürden yüzde 43 daha az karbondioksit salınımına sebep olmaktadır (Johnson, D. R.ve ark., 2017). Fakat ülkemizde sera gazı emisyonlarının yüzde 29’undan hala doğal gaz sorumludur(Özmen, M. T., 2009). Esas olarak metandan (CH<sub>4</sub>) oluşan doğal gaz, kentsel atıkların çöp sahalarında ayrıştırılması ve hayvancılıktan elde edilen gübre tarafından da üretilebilmektedir. Metan, karbondioksitin 20 katından daha güçlü bir sera gazıdır. Kullanılabilir ısı ve güç üretmek için metan gazını depolamak ve yakmak, metan gazının atık alanlarından veya hayvan gübrelerinin toplandığı alanından doğrudan atmosfere salınmasını önler (Demirbaş, A. 2003).

Çizelge 1.2. Ülkemize Farklı Bölgelerden İthal Edilen Doğalgazın Bileşenleri

MADDE	RUSYA GAZI (%)	CEZAYİR GAZI (LNG) (%)
Metan	98.52	91.4
Etan	0.41	8.01
Propan	0.14	0.27
Bütan	0.06	0
Ağır Hidrokarbon	0.03	0.02
Karbondioksit	0.03	0
Azot	0.81	0.03

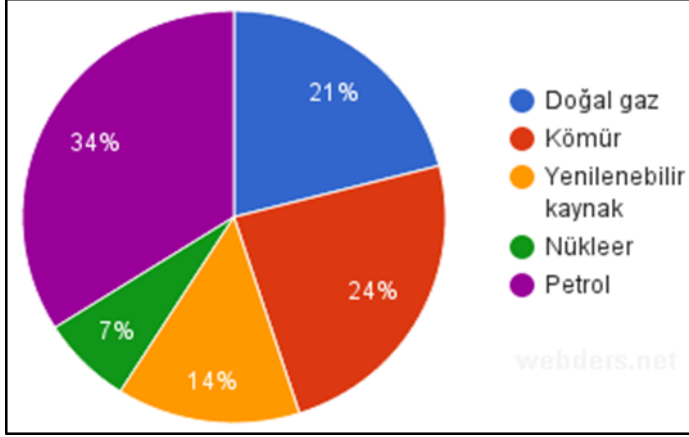
Fosil yakıtlar dünya enerji piyasasında çok önemli bir rol oynamaktadır. “Dünyadaki yaklaşık 1,5 trilyon dolarlık enerji piyasasına hâlâ fosil yakıtlar hâkimdir” (Goldemberg, 2006). 2007 Dünya Enerji Görünümü (WEO) fosil yakıtlardan üretilen enerjinin ana kaynak olarak kalacağını ve 2030'da enerji talebinin yaklaşık% 84'ünü karşılaması beklendiğini iddia ediyor.

Fosil yakıtlar azaldıkça yerini almak için diğer güvenilir enerji kaynaklarının bulunması konusunda dünya çapında geniş bir araştırmacı topluluğu bulunmaktadır; bu durum daha çok fosil yakıtların gelecekteki arzını kapsayan belirsizlikten kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, küresel enerji piyasasının, en azından önümüzdeki birkaç on yıl boyunca, fosil yakıtlara bağımlı olmaya devam etmesi beklenen bir gerçektir. Dünya enerji perspektifi göz önünde bulundurulduğunda, dünya petrol kaynaklarının 2030 yılına kadar talep edilen tahmini büyümeyi karşılamaya yeterli olduğu kanaatine varılmakta, yapılan detaylı araştırmalar sonucu elde edilen veriler Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü'nde (OPEC) gerekli yatırımın geleceği varsayımı üzerinde daha da yoğunlaşmaktadır (Chedid ve ark., 2007, IEA , 2007).

1980 ve 2001 yılları arasında dünya çapında petrol, kömür ve doğal gaz tüketimi sırasıyla %22, 27 ve 71 oranında artmıştır. Aynı zamanda, küresel iklim değişikliğinin baskın nedeni olarak fosil yakıtların tüketiminden ve alevlenmesinden kaynaklanan yıllık dünya karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonları, 5 milyardan 6.6 milyar metrik tona eşdeğer karbon eşdeğerine yükselmiştir. Bu durum enerji üretilirken kullanılan fosil yakıtların daha verimli ve daha çevreci olması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

Günümüzde, dünya çapında üretilen elektrik enerjisinin çoğunluğu fosil yakıt kullanan tesisler tarafından üretilmektedir. Şekil 1.2.'de dünya enerji kaynaklarının dağılımı görülmektedir. Fosil yakıtla çalışan elektrik üretim sistemleri buhar türbinleri, gaz türbinleri ve içten yanmalı motorlar olarak üç gruba ayrılabilirler. Nükleer enerji kullanımı dışında kalan bütün ülkelerde, enerji üretim tesislerinin çoğunda buhar türbini sistemleri kullanılmaktadır. Yakıt mevcudiyeti, güç yükleri, enerji üretim gereklilikleri ve diğer ekonomik faktörler ve hususlar tesiste kullanılacak sistem tipinin seçimini belirler.





Şekil 1.2. Dünya Enerji Kaynakları Kullanımının Yüzdeleri Dağılımı (Anonim,2019)

Buhar türbin sistemlerinde, ısı enerjisi, kazanları ısıtmak için kömür, doğal gaz veya petrol ürünü yanmasıyla üretilmektedir. Kazanlar yüksek basınçlı kaplarda buhar üretir. Bu yüksek basınç ve yüksek sıcaklık buharı, düşük basınçlı kondansatördeki türbin kanatlarını döndürür, böylece elektrik jeneratörüne güç verir ve elektrik enerjisi üretir. Türbin sisteminin teorik termal verimliliği, kazandaki yüksek basınca ve sıcaklığa ve kondenserdeki düşük basınca ve sıcaklığa bağlıdır. Bu tür sistemler tipik olarak % 35'lik bir termal verime sahiptir.

Gaz türbini sistemleri buhar sistemlerine çok benzer. Bu sistemde, buhar yerine türbin kanatlarını döndürmek için yanma gazları kullanılır. Türbin elektrik üreten bir elektrik jeneratörünü ve havayı basınçlandırmak için dönen bir kompresörü çalıştırır. Bu basınçlı hava daha sonra bir yanma odasında yakıtla karıştırılır. Bu sistemin verimliliği sıkıştırma ile kontrol edilir ve onunla doğru orantılıdır. Bu sistemin tipik verimi% 20-30'dur. Bu sistemlerde buhar üreteçleri ve kazanları kullanılmadığından, ilk yatırım maliyeti buhar sisteminden çok daha düşüktür.

Dizel motor olarak da bilinen içten yanmalı sistemler otomobil motoru ile aynı çalışma prensibiyle çalışan, yüksek hacimli sistemlerdir. Bu sistem yakıtın yanması için bir dizi silindir gerektirir. Bu sistemde, yakıtların kimyasal enerjisi mekanik enerjiye dönüştürülerek jeneratörün şaftını elektrik enerjisi üretmeye yönlendirir. Bu birimler dört veya iki zamanlı döngülerde çalışır. İçten yanmalı üniteler küçüktür ve kapasiteleri 2 ila 6 MW arasında değişmektedir. Gaz türbinlerinden daha verimlidirler (DOE, 1995). Ek olarak, yatırım maliyetleri çok düşüktür ve hareketli olabilirler. Bu nedenle genellikle küçük yükler ve acil durum gücü için kullanılırlar.

Neredeyse tüm kömür, petrol, nükleer, jeotermal, güneş termal elektrik ve atık yakma tesislerinin yanı sıra birçok doğal gaz santrali termaldir. Doğal gaz genellikle gaz türbinlerinde ve kazanlarda yakılır. Sıcak egzoz gazı biçimindeki bir gaz türbininden gelen atık ısı, bu gazı bir ısı geri kazanım buhar jeneratörü (HRSG) içinden geçirerek buharı yükseltmek için kullanılabilir. Buhar daha sonra, toplam verimliliği artıran bir kombine çevrim tesisinde bir buhar türbinini çalıştırmak için kullanılır. Kömür, akaryakıt veya doğal gaz yakan elektrik santrallerine genellikle fosil yakıt elektrik santralleri denir. Bazı biyokütle yakıtlı termik santraller de ortaya çıkmıştır. Nükleer olmayan termik santrallere, özellikle kojenerasyon kullanmayan fosil yakıtlı santrallere bazen geleneksel santraller denir.

Ticari elektrikli elektrik santralleri genellikle büyük ölçekli olarak inşa edilir ve sürekli çalışma için tasarlanmıştır. Hemen hemen tüm elektrik santralleri, 50 Hz veya 60 Hz frekansında alternatif akım (AC) elektrik gücü üretmek için üç fazlı elektrik jeneratörleri kullanır. Büyük şirketler veya kurumlar, özellikle de başka amaçlar için buhar oluşturulmuşsa, tesislerine ısıtma veya elektrik sağlamak için kendi güç istasyonlarına sahip olabilir. Buharla çalışan elektrik santralleri, 20. yüzyıla ait çoğu gemiyi yakın zamana kadar sürmek için kullanılmıştır. Buhar santralleri artık sadece büyük nükleer deniz gemilerinde kullanılıyor. Gemi elektrik santralleri genellikle türbini doğrudan dışı kutuları aracılığıyla geminin pervanelerine bağlar. Bu gemilerdeki elektrik santralleri, elektrik üreticilerini elektrik tedarik etmeye yönlendiren küçük türbinlere de buhar sağlar. Nükleer deniz tahriki, birkaç istisna dışında, sadece deniz gemilerinde kullanılır. Buharla çalışan bir türbinin tahrik için bir elektrik motoruna güç veren bir elektrik jeneratörünü çalıştırdığı birçok turbo-elektrik gemisi vardır. Genellikle kombine ısı ve güç (CHP) tesisleri olarak adlandırılan kojenerasyon tesisleri, buhar ve sıcak su gibi proses ısısı veya hacim ısıtma için hem elektrik enerjisi hem de ısı üretir.

Yukarıda tartışılan tüm sistemlerde, fosil yakıtlar türbini elektrik üretmek için hareket ettirecek bir enerji kaynağı görevi görmektedir. Bu amaçla kullanılan fosil yakıtlar çoğunlukla kömür, petrol ve doğalgazdır. Kullanılan diğer yakıtlar petrol kok, rafineri gazı, kok fırını gazı, yüksek fırın gazı ve sıvılaştırılmış petrol gazıdır, ancak kullanımları çok nadir ve sınırlıdır.

Enerji üretimi için kullanılan kömürün özellikleri çok heterojendir ve madenden madene değişir. Kömürün ana bileşenleri, mineraller ve kükürt gibi safsızlıklara sahip karbon, hidrojen ve oksijendir. Kömürde bulunan bu safsızlıklar, yanma sırasında kirleticilerin oluşumuna katkıda bulunur. Kömürün işlenmesi, taşınması, depolanması ve yüklenmesi-boşaltılması gereksinimleri çok geniştir. Ayrıca, kömür yakma, kırıcı, pülverizatör, kül işleme ekipmanı, toz kontrolü, emisyon kontrol ekipmanı ve kurum toplayıcılarının kullanılmasını gerektirir (EPA, 2017).

Hem sabit hem de mobil yanma kaynaklarından gelen emisyonlar, modern dünyada hava kalitesinin bozulmasının önemli bir nedenidir. Hava kirliliğinin diğer kaynakları arasında asit, kimyasal ve bunların türevlerinden elde edilen ürün imalatı ile ilgili kimyasal süreçler, gübre üretim süreçleri, cevher eritme, madencilik faaliyetleri, kağıt hamuru ve kağıt fabrikaları, asbest ve orman yangınları ayrıca volkanik patlamalar gibi doğal kaynaklar yer alır. 1977'de Temiz Hava Yasası değiştirildi. Bu değişiklik, ulusal ortam hava standartları ile ilgili bir dizi konuyu ele aldı. Ayrıca, bu değişiklik, temiz hava alanlarını, çok az ila orta ve önemli arasında değişen bozulma perspektifi ile üç sınıfa ayırmıştır. Temel amaç bozulmamış alanları korumak ve standartlara uymayan bu alanların daha da kötüleşmesini korumak olarak belirtilmektedir.

Hava kirliliğinin atmosfer üzerindeki etkileri iyi bilinmektedir ve zaman zaman sadece görüşün azaltılmasından çok daha şiddetlidir. Bu etkiler arasında bulut ve yağış oluşumundaki değişiklikler ve yeryüzünde alınan radyant enerjideki değişiklikler veya atmosferin elektriksel özelliklerindeki değişiklikler bulunur (Robinson, 1977). Hava kirliliğinden kaynaklanan ciddi sorunlardan biri küresel iklim değişikliğidir. Atmosferdeki sera gazlarının artan konsantrasyonu ile hava durumu ve iklimdeki değişiklikler daha belirgin hale gelmektedir. Karbondioksit, metan, azot oksit ve kloroflorokarbonlar (CFC'ler) gibi sera gazları, güneş ışığının dünyamızdan geçtiği ve ısındığı opak bir tabaka gibi davranır, ancak geri dönen kızılötesi radyasyonu dünyanın yüzeyinden engeller ve bu da küresel ısınmaya neden olur. Dünyanın güneş ısısının çoğunu zamanla koruduğu anlamına gelir. Bu artan ısı atmosferde daha fazla türbülans üretir ve hava sistemini kararsız hale getirir. Bu ekstra ısı sürekli değişen ve beklenmedik hava koşullarından sorumludur ve olumsuz atmosferik değişikliklerin hızla artmasına sebep olan en önemli etmenlerdir.

Başlıca hava kirleticileri, EPA tarafından belirtilen kükürt oksitleri, özellikle kükürt dioksit, azot oksitleri, özellikle nitrik oksit ve azot dioksit, parçacık madde, karbon monoksit, ozon ve kurşundur. Bunlar insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinen veya şüphelenilen kirleticilerdir. Hava kirliliğinin insan sağlığı üzerindeki etkileri, cilt tahrişi kadar hafif olandan kanser ya da erken ölüme kadar çok çeşitlidir. Kritik hava kirliliği olayları ile önemli bir mortalite artışı arasında önemli bir ilişki kurulmuştur (ABD EPA, 1982; Wichman ve ark. 1989). Ayrıca, bölüm olmayan kirletici konsantrasyonları mortalite ile bir ilişki göstermiştir (Fairley, 1990; Schwartz ve Marcus, 1990; Schwartz, 1991; Schwartz ve Dockery, 1992; Pope ve ark., 1992). Düzenleyici kurumlar tarafından daha katı hava kalitesi standartlarının uygulanmasından sonra bile, insan sağlığı çalışmaları ve bilimsel kanıtlar, mevcut hava kalitesi standartlarının insan sağlığını duman ve kurumdan yeterince korumadığını göstermektedir (Croft, C. K. 2016). Temiz Hava Yasası'nın kabulünden yirmi yıldan fazla bir süre sonra bile, EPA'nın 2006 Ulusal Hava Kalitesi Eğilimleri Raporu, Amerikalıların% 30'unun hala sağlıklı hava solduğunu gösteriyor (EPA, 2006). Ulusal Kaynaklar Savunma Konseyi'ne göre, kardiyopulmoner nedenlerden yaklaşık 64.000 erken ölüm, her yıl sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde partikül hava kirliliğine atfedilebilir (NRDC, 1999). Havadaki mevcut duman ve kurum seviyeleri, astımı olan çocuklar ve kalp ve akciğer hastalıkları olan yaşlı insanlar için ciddi tehditler oluşturmaktadır. Çalışmalar, özellikle gençler ve yaşlılar arasında hava kalitesindeki düşüşler ile hastane başvurularındaki artışlar ve solunum problemleri için acil servis ziyaretleri arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermiştir (Pope, 1991; Delfino ve ark. 1998; Burnett ve ark. 1994; Gordian ve ark., 1996; Gasparrini, A., 2017). 13 şehre ait bir Amerikan Akciğer Derneği çalışması, dumanın en ağır olduğu yaz aylarında astım ve kalp hastalığı olan kişilerin hastaneye yatışının iki katına çıktığını buldu (Croft, C. K. 2016).

Kükürt dioksit, keskin ve boğucu bir kokuya sahip renksiz bir gazdır ve suda kolayca çözünür. Organik maddeleri aşındırır ve sülfürik asit ( $H_2SO_3$ ) oluşturmak için suda çözünür.  $SO_2$  yakıtta bulunan kükürt, fosil yakıtların yanması sırasında havadaki oksijen ile reaksiyona girdiğinde üretilir. Sülfür dioksit bölgesel ölçekte taşınabilir ve işlem sırasında sülfata dönüştürülür ve asit yağmuruna ve birikmesine katkıda bulunur. Asit birikimi, tatlı su göllerinin pH'ını düşürür ve bazı toprakların bileşimini değiştirir, sonuç olarak bitki ve su yaşamını etkiler.

SO<sub>2</sub>, aşındırıcı bir gaz olmasının yanı sıra gözler, burun ve akciğerlerde tahrişe neden olabilir. SO<sub>2</sub> çözünür bir gazdır ve insan burnunda ve üst solunum yollarında emilebilir, akciğerlerde hava yolu direnci artar (Amin ve Husain, 1994). Yüksek dozda SO<sub>2</sub> (yani 2-5 ppm veya 5000-13000 µgm<sup>-3</sup>) akciğer fonksiyonlarında ciddi bozulmaya neden olabilir (Nadel ve ark., 1965). Mevcut akciğer hastalıklarını, özellikle bronşiti ağırlaştırır ve astımlı kişilerde solunum yollarını daraltır. Ayrıca hırıltılı solunum, nefes darlığı ve öksürüğe neden olur. Çalışmalar, hastanelerde görülen solunuma bağlı hasta girişi ile ortamdaki yüksek SO<sub>2</sub> konsantrasyonları arasında anlamlı bir ilişki olduğunu göstermiştir (Bates ve Sizto, 1983).

Azot oksitler, ya yanma havasındaki atmosferik azotun yüksek sıcaklık sonucu oksijen ile tepkimeye girerek termal olarak bağ oluşturması ya da kimyasal olarak yakıtta bulunan bağlı azotun yanma işlemi sonucunda dönüşümü işlemleriyle atmosfere salınır. Dolayısıyla, azot oksitlerin ana kaynakları sabit ve hareketli yanma kaynaklarıdır. Yüksek seviyelerde azot oksitlerin, özellikle çocuklarda ve astımı olan kişilerde akciğer hasarına ve diğer solunum yolu hastalıklarına neden olduğu bilinmektedir (American Lung Association, 1993). Azot oksitler ayrıca su ve bitki yaşamını ve malzemesini etkileyen asit yağmuruna ve birikmesine katkıda bulunur. Atmosfere salınan çeşitli azot oksitleri arasında, nitrik oksit ve azot dioksitin insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir (Amin ve Husain, 1994). Azot dioksit, akciğerin savunma mekanizmasını olumsuz etkiler ve aşırı dozlarda akciğer hasarına neden olabilir (Gardener, 1984; Morrow, 1984; Pennington, 1988). Nitrik oksit (NO) ve azot dioksit (NO<sub>2</sub>) havaya reaksiyon vererek ozon ve duman oluşumuna yol açan diğer kirleticiler üretir. Ozon, bitki ve materyali etkilemenin yanı sıra, göz tahrişi, nefes darlığı, solunum yetmezliği ve akciğer fonksiyonlarında azalma, öksürük, hırıltılı solunum, göğüs sıkışması, kuru boğaz, baş ağrısı veya mide bulantısı, astım semptomlarının yoğunlaşması ve enfeksiyonlara karşı vücut direncinin düşmesine sebep olur.

Havadaki katı ve sıvı parçacıklar parçacık madde (PM) olarak adlandırılır. Kurum veya küller, yanma tozu ve aerosoller olarak adlandırılan küçük sıvı damlacıkları gibi yanma ürünlerini içerir. PM'nin antropojenik kaynakları arasında yakıt yanması, endüstriyel prosesler ve nakliye yer alırken, doğal kaynaklar rüzgar, deniz spreyleri ve yangınları içerir. PM, hem organik hem de inorganik maddeler de dahil olmak üzere çok çeşitlidir.

Havadaki PM ya havadaki gazların ve buharların yoğunlaşması ya da mekanik ve yanma süreçleri yoluyla doğrudan emisyon ile oluşur. Havada bulunan parçacıkların en önemli ve tehlikeli özelliklerinden biri,  $0.01\mu\text{m} - 100\mu\text{m}$  arasında değiştiği için parçacık boyutudur. Bu maddeleri sınıflandırmak için, asılı parçacıklar, PM10 veya torasik veya solunabilir parçacıklar ve PM2.5 insan akciğerlerine derinlemesine nüfuz edebilen ve solunum sistemine büyük zarar verebilecek parçacıklar gibi çeşitli terimler kullanılır.

Karbon monoksit (CO) renksiz ve kokusuz bir gazdır ve yakıtta karbonun eksik yanmasıyla üretilir. Kentsel alanlarda, karbon monoksitin çoğu araç emisyonları ile atmosfere salınır. CO kanın hücrelere ve dokulara oksijen taşıma yeteneğini etkileyebilir. Yüksek karbon monoksit konsantrasyonuna maruz kalınması uyuşukluğa, baş ağrısına ve bazen ölüme neden olabilir. Kalp hastalığı ve akciğer rahatsızlığı olan kişiler, yüksek CO düzeylerine maruz kaldıklarında daha yüksek ölüm riski altında olduklarından gün geçtikçe kalp ve akciğer hastalıkları küresel ısınma ile birlikte artmaya devam etmektedir.

Ozon ( $\text{O}_3$ ) atmosferde iki farklı seviyede bulunur. Üst ozon, troposferi güneşin zararlı ultraviyole radyasyonundan korur ve bu nedenle yeryüzündeki yaşam için faydalı olurken, daha düşük veya yer seviyelerindeki yüksek ozon konsantrasyonları ciddi insan sağlığı ve çevresel endişeler doğurur. Ozon bir fotokimyasal oksidan ve dumanın ana bileşenidir. Zemin seviyesindeki ozon, uçucu organik bileşiklerin (VOC) öncü emisyonları ile güneş ışığı sayesinde azot oksitlerin ( $\text{NO}_x$ ) arasında meydana gelen karmaşık reaksiyonların bir sonucu olarak üretilirler. Yaz aylarında daha yüksek ozon konsantrasyonları oluşmaktadır, çünkü güneş ışığı ve sıcaklık ozon oluşumu için gerekli olan ana bileşenlerdir. Bununla birlikte, ozonun akciğer geçiş zarıyla kolayca reaksiyona girme yeteneği sağlık sorunlarına neden olur. Akciğer dokularına zarar verebilir, akciğer fonksiyonunu azaltabilir ve ayrıca akciğerleri diğer tahriş edici maddelerin etkilerine karşı savunmasız hale getirebilir. Ayrıca göz tahrişi, solunum problemleri, öksürük, hırıltılı solunum, göğüs sıkışması veya ağrı, kuru boğaz, baş ağrısı veya bulantı da üretebilir. Ayrıca astım semptomlarını yoğunlaştırır ve bağışıklık sistemini azaltır. Çocuklar, yaşlılar ve önceden astımı olanlar özellikle ozonun etkilerine eğilimlidir. Birkaç saat boyunca nispeten düşük ozon konsantrasyonlarına maruz kalmanın, güçlü fiziksel aktiviteler sırasında normal ve sağlıklı insanlarda akciğer fonksiyonunu önemli ölçüde azalttığı ve solunum yollarında ciddi kalıcı hasara neden olduğu bildirilmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Birçok araştırmacı, yaşam döngüsü değerlendirmesi (LCA) yaklaşımı ile elektrik üretimi için yakıt olarak kömür ve doğal gazın yakılmasından kaynaklanan çevresel hasarı incelemiştir (Phumpradab ve ark. 2009; Odeh ve Cockerill 2008; Van Zelm ve ark. 2008; Walvekar ve Gurjar 2013). Koornneef ve diğ. (2008), LCA yaklaşımını kullanarak üç adet toz kömürle çalışan elektrik tedarik zincirinin beşikten mezara çevresel etkilerini araştırmışlardır. Termik santrallerde kömürün yanmasından kaynaklanan doğrudan sera gazı emisyonlarının 749-976 g eq aralığında olduğunu gözlemlədiler. CO<sub>2</sub> / kWh elektrik üretimi. Odeh ve Cockerill (2008), inşaat, işletme ve hizmetten alma işlemlerini içeren elektrik üretim tesisinin yaşam döngüsünü incelemiştir. Enerji santralının enerji ve malzeme gereksinimlerini tahmin etmek için basit bir model geliştirilmiştir. Ön hesaplamalar, tipik bir kömürle çalışan tipik bir tesis için yaşam döngüsü emisyonlarının 990 g eq olduğunu göstermektedir. CO<sub>2</sub> / kWh elektrik üretimi. Bu emisyonların çoğu doğrudan yakıt yanmasından kaynaklanmaktadır (882 g / kWh). Ayrıca, enerji santrali parametrelerinin yaşam döngüsü emisyonları üzerindeki etkisi incelendiğinde, yük faktörünü değiştirmenin etkisinin ihmal edilebilir olmasına rağmen, verimliliği% 35'ten 38'e çıkarmanın emisyonları % 7,6 azaltabileceği belirlenmiştir.

Japonya'da yapılan bir çalışmada, havadaki SO<sub>x</sub> konsantrasyonu ve yağmurdaki sülfat konsantrasyonu Yoichi ve Hiroshi tarafından geliştirilen bir yörünge modeli kullanılarak tahmin edilmiştir (Ichikawa, Hayami ve Fujita, 1995). Modellerden elde edilen sonuçlar, Japonya'daki 21 istasyonda bir yıl boyunca gözlemlenen asidik birikimle karşılaştırıldı (Ekim 1988-Eylül 1989). Öngörülen toplam ıslak tortu, 0.22 Tg / yıl kükürt eşdeğeri, gözlemlenen toplam ıslak tortu, 0.29 Tg / yıl kükürt eşdeğeri olduğunu ortaya koymuşlardır.

Phumpradab ve diğ. (2009) termal gaz santrallerinin, hem petrol hem de doğal gazın hammadde olarak kullanılması nedeniyle NGCC'ye kıyasla daha küresel ısınma potansiyeline (GWP) sahip olduğunu ve ayrıca daha düşük verimliliğe sahip olduğunu tahmin etmişlerdir. Weisser (2007) elektrik tedarik teknolojilerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarını da incelemiştir. Bir yakıttan diğerine geçişin emisyon açısından (bir yön) iyi bir seçenek olabileceğini, ancak maliyet açısından olmadığını gözlemledi.

Jaramillo ve diğ. (2007), NG / sıvı doğal gaz (LNG) / sentetik doğal gaz (SNG) ve kömür kullanarak elektrik üretiminin yaşam döngüsü boyunca GHG, SO<sub>x</sub> ve NO<sub>x</sub> emisyonlarını incelemişlerdir. Yazarlar, yerli NG, LNG ve SNG'nin bir karışımı olan mevcut termik santral filosunun kömürden daha düşük sera gazı emisyonlarına sahip olacağını buldular. Hindistan'da, LCA kullanılarak ve özellikle kömür ve doğal gaz termik santrallerinden elektrik üretimi nedeniyle dış maliyetin hesaplanması için çok az çalışma yapılmıştır. Ayrıca Chakraborty ve ark. (2008) Hindistan'daki çeşitli termik santrallerin doğrudan emisyonunu tahmin etmişlerdir. 2003-2004 yılı için tahmin ettikleri toplam CO<sub>2</sub> emisyonları, kWh elektrik üretimi başına 0.776-1.49 kg aralığındadır, ancak tesis kapasitesi çok düşük olduğu için bu sonuçlar mevcut çalışma ile karşılaştırılmaz. Ayrıca, bitki verimliliği, yaşam süresi, bitki yük faktörü (PLF) gibi herhangi bir tesis tasarım parametresi de sağlamadılar. Mahapatra ve diğ. 2012, Ahmedabad şehri için LCA yaklaşımını kullanarak kömür bazlı elektrik üretiminin dış maliyetini de tahmin etmişlerdir. İki referans santral için Merkezi Elektrik Kurumu'ndan ortalama emisyon faktörleri aldılar, yani 2005-2006 yılında kWh elektrik üretimi başına 1.26 kg CO<sub>2</sub>. Bu nedenle, mevcut çalışma sonuçlarını Hint koşullarındaki mevcut literatürle karşılaştırmak çok zordur. Bu nedenle, bu çalışma gelecekte elektrik üretimi için doğru yakıt türü / teknolojisini kullanarak sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik politikalar konusunda yardımcı olacaktır.

ABD'de tüketilen elektriğin % 88'inden fazlası termoelektrik santraller tarafından üretilmektedir. Bu tesislerin üretim kapasitesi, gelecekteki iklim ısınması ile en az dört şekilde azaltılabilir. Bunlardan biri, santral soğutmasında kullanılan mevcut su kaynaklarını daraltan bölgesel hidrolojik döngülerdeki değişikliklerdir. Bir diğeri, soğutma suyu sıcaklıklarını artırarak ve böylece santral verimliliğini  $(100 \times \text{santral enerji çıkışı (MWh)} / \text{ısı girişi (MMBtu)} \times 3.412 \text{ MMBtu} / \text{MWh})$  düşürerek soğutma sistemini etkiler. Bu ikinci durumda, bir kerelik (açık döngü) soğutma sistemlerine sahip termoelektrik santrallerinde verimlilik düşüşleri meydana gelebilir, çünkü daha sıcak sular, kondensatörlerden pompalandığında bitkilerin buhar çevriminden daha az ısıyı uzaklaştırır. Islak devridaim (kapalı devre) sistemlerine sahip tesislerde, yükseltilmiş ortam hava sıcaklığı ve / veya nem (ıslak termometre sıcaklığı, buharlaşma ile ulaşılabilecek en düşük sıcaklık ile karakterize edilir) soğutma kulelerinde yoğunlaşmayı ve böylece sistemin soğutma kapasitesi artmaktadır.



Üçüncü bir potansiyel verimlilik kaybı, bir kerelik bitkilerden boşaltılan suyun sıcaklığı üzerindeki federal ve eyalet düzenleyici sınırlarından kaynaklanır ve bu da soğutma için dokunan su kütlelerinin sıcaklıkları çok fazla artarsa bitkileri körük oluşumuna zorlayabilir. Son olarak, artan ortam hava sıcaklıkları, daha az yoğun türbin giriş havası nedeniyle kombine çevrim tesislerinin gaz türbini çıkışı azaltabilir (Henry ve Pratson, 2016).

Son çalışmalar, aynı yöntemi jenerik 350 MW kömür yakıtlı bir santrale uygulayan bir diğeriyle birlikte yoğunlaşma sıcaklığını ve dolayısıyla tesis verimliliğini sabitlemek için gerçek operasyonlarda su akış hızının değiştiğini açıklamıştır. Türbin kompresörüne giren sıcak havanın daha düşük yoğunluğu nedeniyle doğal gaz kombine çevrim tesislerinin verimliliğindeki değişiklikleri tahmin etmek için benzer ısı transferi ve sıvı akış denklemleri kullanılmıştır. Jabboury ve Darwish; Arrieta ve Silva Lora; De Sa ve Al Zubaidy, daha yüksek kuru termometre sıcaklıklarının bu tür bitkilerin verimliliğini azalttığı sonucuna varmışlardır. Bu verimlilik kaybının, buhar çevrimi için değil, yalnızca kombine çevrim tesislerindeki gaz türbini çevrimi için geçerli olduğunun kaydedilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Derbal ve diğ. 2012, Hassi R'mel (Cezayir) bölgesinde 150 MW entegre güneş enerjisi kombine çevrim santralini (% 20 güneş enerjisi ile) modellemesini ve sayısal simülasyonunu gerçekleştirmiştir. Bu bölge Libya'ya yakındır ve sonuç olarak, çevre koşulları bu çalışmanınkine benzerdir. Kombine çevrim santrali, bir buhar üretimi için egzoz ısı geri kazanımlı bir gaz türbini kullanır; elde edilen toplam verimlilik nominal güç çıkışında yaklaşık % 49'dur.

Montes ve ark. 2009 , hepsi aynı güç bloğuna ancak farklı güneş alanı boyutlarına sahip beş farklı yerleşim planını göz önünde bulundurarak, sadece güneş enerjili parabolik oluk tesisinin birçok ekonomik optimizasyonunu sunmaktadır. Çalışma, artan boyuttaki güneş alanıyla, termal depolama olmadan, yatırım getirisinin kötüleştiği; buhar santrali nominal değerinin ötesinde mevcut olan güneş ısıl enerjisi boşa harcanacağı için bu sonuç biraz açıktır. Buna ek olarak, güneş alanının büyüklüğü ve konfigürasyonu önemli bir çevresel etkiye sahiptir.

Lippke 1995, Boron, California'da bulunan 30 MWe Kramer Junction güneş enerjisi üreten sistemlerin kısmi yük davranışını simüle etti. Sonuçlar, güneş radyasyonu yoğunluğunun, buharın ve ısı transfer sıvısının optimum sıcaklığını büyük ölçüde etkilediğini göstermektedir.

Reddy ve diğ. 2012, Hindistan'daki iki farklı lokasyon için parabolik bir oluk santralının yıl boyunca çalışması için enerjik ve ekserjetik bir analiz gerçekleştirdiler. Çalışma, ana enerji kaybının Rankine ısı motoru devresinde kondenserden, ardından toplayıcı-alıcı ünitesinden meydana geldiğini göstermektedir. Çalışma basıncı 90 bar'dan 105 bar'a çıkarıldığında, sistemin enerjik verimliliği% 1.49 ve ekserjetik verimlilik daha uygun yer için% 1.51 artırıldı.

Poullikkas 2009, Akdeniz bölgesinde parabolik oluk güneş enerjisi sistemlerinin kurulmasının, Kıbrıs'ın mevcut güneş enerjisi potansiyeli temel alınarak ekonomik olarak uygulanabilir olup olmadığını araştırmayı amaçlayan bir fizibilite çalışması gerçekleştirmiştir. Çalışmanın bulgularına dayanarak, Akdeniz bölgesinde bir parabolik oluk güneş enerjisi santrali kurulması, öncelikle tesisin büyüklüğüne, termal depolama derecesine, başlangıç maliyeti ve arazi maliyetine bağlıdır. Buna ek olarak, sonuçlar, simülasyonlar içinde test edilen tüm vakalar için 30 € / tonluk CO<sub>2</sub> emisyonları ticaret fiyatından kaynaklanan ek yararın 0.024 € / MWh olduğunu göstermiştir. Çalışma, parabolik oluk güneş termik santralının büyüklüğünü 25 MW'tan 100 MW'a çıkararak yatırımın giderek daha cazip hale geldiğini göstermektedir.

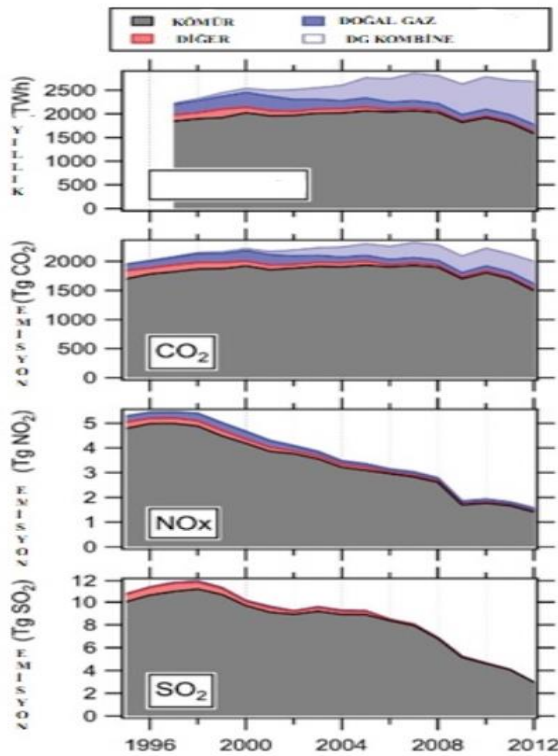
### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında maliyet analizleri için ve emisyon değerlerinin incelenmesi için, kömür yakıtlı ve doğalgaz yakıtlı termik santrallerimizde kullanılacak ham madde fiyatları ve emisyon değerleri bu bölüm altında incelenmiştir.

##### 3.1.1. Ham madde emisyon değerleri

Tez çalışmasında incelenen iki ham maddeyi emisyon açısından Retscreen programında incelenmeden önce, ayrı ayrı emisyon değerleri ve yanmaları sonucunda ortaya çıkacak emisyon gazları Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Sera Gazı Emisyon Değerleri

### 3.1.2.Ham maddelerin maliyet analizleri

Kömür piyasası Dünyada dalgalanmalar göstermesi ve ülkemizde dahil ton fiyatı dolar üzerinden olmasından dolayı yılın çeyreklerinde dalgalanma göstermektedir. Ancak Ekim 2019 verilerine baktığımızda 89 dolar/ton bariyerinde görülmektedir (Sektör Raporu, 2019).

Doğalgaz metreküp fiyatları ise ülkemizin jeopolitik durumu ve doğalgaz boru hatlarına hakimiyeti doğrultusunda kömüre göre daha az dalgalanma göstermesine rağmen yine dolar kurlarından etkilenmeler göstermektedir. Yine Ekim 2019 raporları doğrultusunda doğalgazın metreküp fiyatı 0.27 dolar bariyerlerinde gezmektedir ( Oda Raporu, 2019).

### 3.2. Yöntem

Mühendislik alanında hem zamandan hem de maliyetten kazanmak amacıyla birçok simülasyon programı kullanılmaktadır. Enerji Santrallerinin fizibilite raporlarının hazırlanmasında ise sıklıkla kullanılan programlardan biri ise RetScreen programıdır.

#### 3.2.1.RetScreen Program

RETScreen International, Kanada Hükümeti'nin en büyük bilim temelli departmanlarından biri olan Natural Resources Canada (NRC) altında yönetilmektedir. NRC, doğal kaynakların kullanımı ve sürdürülebilirlik konusunda uzmanlaşmıştır (Natural Resources Canada, 2008). RETScreen, NRC'nin Quebec, Varannes'daki CANMET Enerji Teknolojisi Merkezi tarafından birkaç ortakla birlikte geliştirilmiştir. Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi Langley Araştırma Merkezi ve Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Ortaklığı iki ana ortaktır (Natural Resources Canada, 2008).

RETScreen Uluslararası Temiz Enerji Karar Destek Merkezi'nin amacı, planlamacıların, karar vericilerin ve endüstrinin yenilenebilir enerji ve enerji verimliliği projeleri uygulama kapasitesini geliştirmektir. Bu hedefe karar verme araçları (örneğin RETScreen Yazılımı) geliştirilerek ulaşılmıştır. RETScreen Yazılımı, ön fizibilite çalışmalarının maliyetini azaltmak amacıyla geliştirilmiştir. Amaçları insanların daha iyi kararlar vermelerine yardımcı olmak, olası projelerin teknik ve finansal uygulanabilirliğini analiz etmektir (RETScreen, 2007).

Small Hydro Project Model'in çevrimiçi kılavuzu, modeli çalıştırmak için gereken tüm bilgileri kapsamaktadır. Yazılımla birlikte gelir ve her ikisi de RETScreen International'ın internet ana sayfasından ([www.RETScreen.net](http://www.RETScreen.net)) ücretsiz olarak indirilebilmektedir. Dolayısıyla bu çalışmaya dahil edilmeyecektir. Bunun yerine, yazılımın çalışma metodolojisi tanıtılacaktır.

RETScreenuluslararası temiz bir enerji farkındalığı, karar destek ve kapasite geliştirme aracıdır. Aracın özü, çeşitli enerji verimlilikleri ve yenilenebilir enerji teknolojileri (RET'ler) için enerji üretimini, yaşam döngüsü maliyetlerini ve sera gazı emisyon azaltımlarını değerlendirmek için dünya çapında kullanılabilen standart ve entegre bir temiz enerji proje analiz yazılımından oluşur. Her RETScreen teknoloji modeli ( Toprak Kaynaklı Isı Pompası Projesi, vb.) ayrı bir Microsoft Excel elektronik tablo "Çalışma Kitabı" dosyası içinde geliştirilmiştir. Çalışma Kitabı dosyası sırayla bir dizi çalışma sayfasından oluşur. Bu çalışma sayfaları ortak bir görünüme sahiptir ve tüm RETScreen modelleri için standart bir yaklaşımı izlemektedir. Yazılıma ek olarak araç şunları içermektedir; ürün, hava durumu ve maliyet veritabanları, çevrimiçi bir kılavuz, bir internet sitesi, bir mühendislik ders kitabı, proje vaka çalışmaları ve bir eğitim kursudur.

RETScreen Temiz Enerji Proje Analiz Yazılımı'nın bir parçası olarak Maliyet Analizi çalışma sayfası, bir çok enerji tesisi ile ilişkili maliyetleri tahmin etmesine yardımcı olmak için kullanılmaktadır. Bu maliyetler, ön maliyet bakış açısından ve yıllık ya da tekrarlayan maliyet bakış açısından ele alınmaktadır. Kullanıcı, fiyatları veya gerekli diğer bilgileri edinmek için tedarikçi iletişim bilgileri için RETScreen Çevrimiçi Ürün Veritabanını kullanabilmektedir.

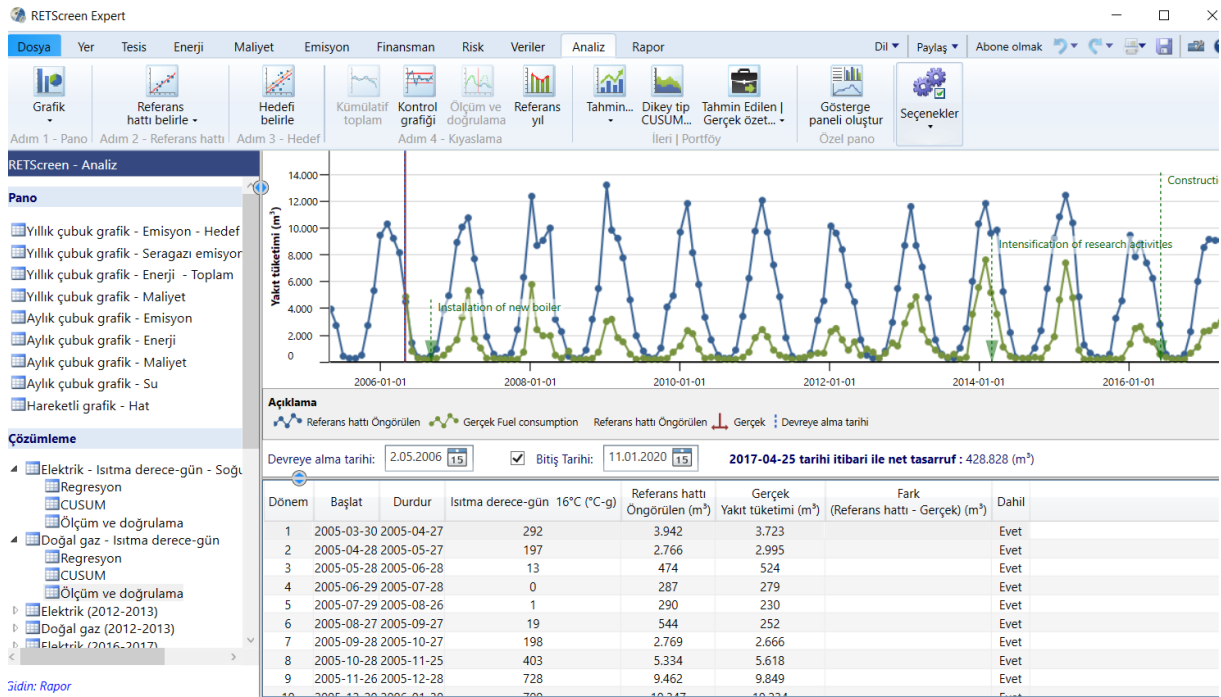


Şekil 3.2 RetScreen Arayüzü

Uygun maliyetli bir GSHP sisteminin seçimi birçok faktöre bağlı olmaktadır, ancak bu seçim sürecini yönlendirmek için bazı yönergeler kullanılabilir.

- ✓ GWHPs: Yeraltı suyu yeterli kalitede yeterli miktarda mevcut olduğunda ve çevresel düzenlemeler bu tür bir kurulumu izin verdiğinde, böyle bir sistem düşünülmelidir. Yeraltı suyu kuyularının (tedarik ve enjeksiyon) maliyeti kapasite ile doğrusal olarak artmadığından, GWHP sistemleri genellikle daha büyük binalar için finansal açıdan daha cazip olacaktır.
- ✓ Dikey GCHP'ler: Dikey Toprak bağlantılı ısı pompası sistemleri, GHX boruları için statik basınç sınırlamaları nedeniyle genellikle altı katlı veya daha az binalarla sınırlıdır [ASHRAE, 1995]. Daha güçlü GHX boruları kullanmak mümkündür, ancak daha pahalı ve çalışmak zordur. Genel olarak, bir sistemin soğutma kapasitesi 350 ila 700 kW'ı aştığında, tipik bir otoparkın yüzeyi ek ısı reddi olmadan GHX'i barındırmak için yeterli olmayacaktır. Dikey GCHP'ler, özellikle sondaj maliyetlerinin düşük olduğu konut uygulamalarında yaygındır.
- ✓ Yatay GCHP'ler: Yatay Toprak bağlantılı ısı pompası sistemlerinde dikey sistemlere uygulanan yükseklik sınırlamaları ve boru gereksinimleri yoktur.

Bununla birlikte, daha geniş arazi alanına ihtiyaç duyarlar ve genellikle sistemin soğutma kapasitesi 35 ila 70 kW'ı aştığında, tipik bir otoparkın yüzeyi ek ısı reddi olmadan GHX'i barındırmak için yeterli olmayacaktır. Yatay sistemler genellikle en düşük başlangıç maliyetlerini sunabilir, ancak daha düşük zemin sıcaklığı nedeniyle daha düşük mevsimsel verimliliklere sahip olacaktır. Bu özellikler genellikle konut uygulamaları için çok uygundur.



Şekil 3.3 RetScreen Analiz Ekranı

Toprak kaynaklı ısı pompası sistemlerinin en uygun maliyetli kurulumları normalde, binanın tasarımının, bu kılavuzun arka plan bölümünde belirtildiği gibi GSHP sistem avantajlarını en üst düzeye çıkarmak üzere planlanabileceği yeni inşaatlarda gerçekleşir. Sonradan kurulumlar da dikkate alınmalıdır, ancak daha uzun geri ödeme süreleri olabilir. Bina ısıtma / soğutma sisteminin iyileştirilmesi / değiştirilmesi gereken güçlendirme durumlarında, GSHP projelerinin mali faydaları aşağıda açıklanan "krediler" nedeniyle iyileşecektir.

Tüm toprak kaynaklı ısı pompası projeleri için, "konvansiyonel" bir ısıtma ve soğutma sistemine harcanacak malzeme ve işçilik maliyetleri için "krediler" dikkate alınmalıdır. Kullanıcı, GSHP projesinin makul bir finansal değerlendirmesini elde etmek için bu başlangıç maliyetlerini belirlemelidir.

Bu krediler ayrıca mühendislik ve tasarım, bazı geliştirme maliyetleri ve bazı yıllık maliyetler için de geçerli olacaktır. Gri girdi hücreleri, proje karar vericilerinin proje maliyet analizini hazırlarken kredi kalemlerini takip etmelerini sağlamak için sağlanır.

Kullanıcı, açılır listeden analiz türünü seçer. "Ön fizibilite analizi" için, tipik olarak "Fizibilite analizi" için daha az ayrıntılı ve daha düşük doğruluk bilgisi gereklidir, genellikle daha ayrıntılı ve daha yüksek doğruluk bilgisi gerekmektedir.

Bunu bağlamak için, fonlama ve finansman kuruluşlarına bir enerji projesine kaynak sağlama talebi sunulduğunda, muhtemelen soracakları ilk sorulardan bazıları "tahmin ne kadar doğru, maliyet aşmaları için olanaklar nelerdir ve nasıl finansal olarak diğer seçeneklerle karşılaştırılıyor mu?" Bunları herhangi bir güven derecesi ile cevaplamak çok zordur, çünkü tahmini kim hazırlasa, iki çelişkili gereksinimle karşı karşıya kalacaktır.

- ✓ Fon sağlanamaması veya projenin diğer enerji seçenekleriyle karşılaştırıldığında ekonomik olmaması durumunda proje geliştirme maliyetleri düşük tutulmalıdır.
- ✓ Potansiyel proje maliyetlerini daha net bir şekilde tanımlamak ve üretilen enerji veya tasarruf edilen enerji miktarını daha kesin bir şekilde tahmin etmek için mühendisliğe ek para ve zaman harcamak gerekmektedir.

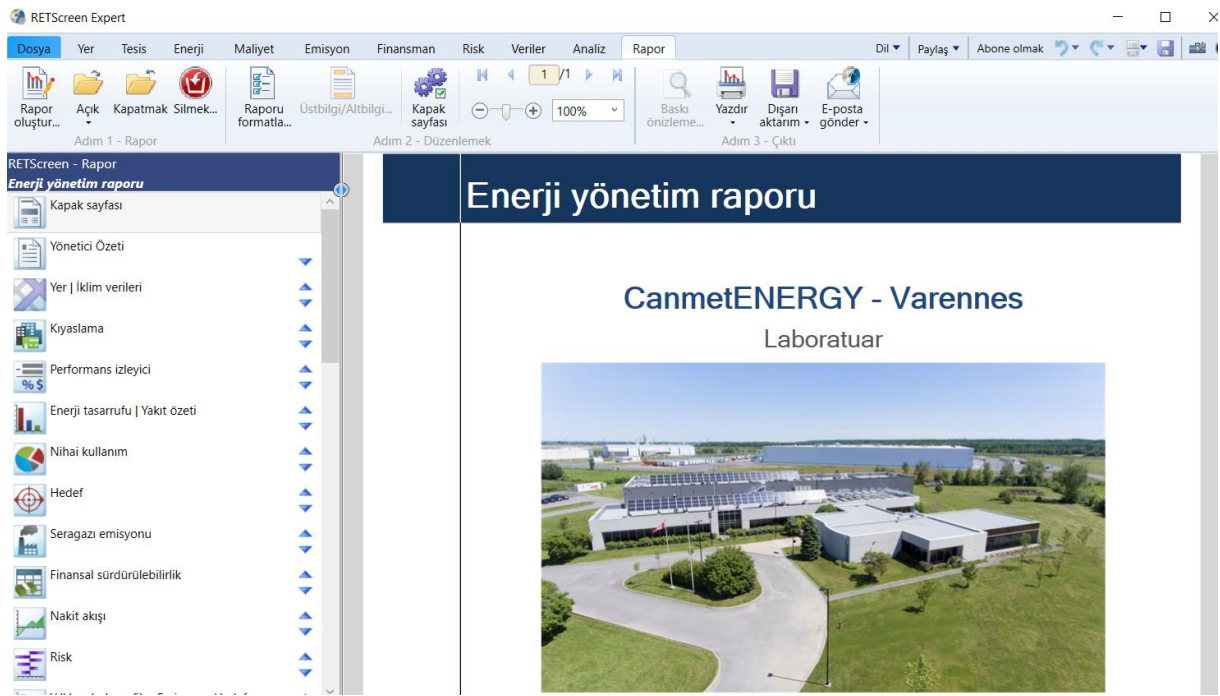
Bu tür çatışmaların bir dereceye kadar üstesinden gelmek için olağan prosedür, projeyi aşağıdaki dört aşamada ilerletmektir.

- ✓ Ön fizibilite analizi
- ✓ Fizibilite analizi
- ✓ Geliştirme (finansman dahil) ve mühendislik
- ✓ İnşaat ve devreye alma

Her aşama, harcamalarda büyüklükte bir artış ve proje maliyet tahminindeki belirsizliğin yarıya inmesini temsil edebilir. Bu süreç, hidro projeler için, Proje Maliyet Tahminlerinin Doğruluğu şeklinde gösterilmiştir (Gordon, 1989).



Her adımın tamamlanmasından sonra, genellikle proje sahibi tarafından geliştirme sürecinin bir sonraki adımına devam edip etmeyeceğine dair "git ya da gitme" kararı verilmektedir. Yüksek kaliteli, ancak düşük maliyetli, ön fizibilite ve fizibilite çalışmaları, proje sahibinin finansal anlam ifade etmeyen projeleri "ekrandan çıkarmasına" yardımcı olmak ve inşaattan önce geliştirme ve mühendislik çabalarına odaklanmaya yardımcı olmak için kritik öneme sahiptir. RETScreen Temiz Enerji Proje Analiz Yazılımı hem ilk ön fizibilite analizini hem de daha ayrıntılı fizibilite analizini hazırlamak için kullanılabilir.



Şekil 3.4 RetScreen Rapor Analiz Örneği

RETScreen Temiz Enerji Proje Analiz Yazılımının bir parçası olarak, kullanıcının önerilen projenin sera gazı emisyon azaltma potansiyelini tahmin etmesine yardımcı olmak için bir GHG Analizi çalışma sayfası sağlanmaktadır. Bu sera gazı emisyonu azaltma analizi çalışma sayfasında dört ana bölüm bulunmaktadır. Bu dört ana bölüm, arka plan bilgileri, temel durum sistemi, önerilen durum sistemi (Proje) ve sera gazı emisyon azaltma özetinden oluşmaktadır. Arka plan bilgileri bölümü, proje referans bilgilerini ve GHG küresel ısınma potansiyel faktörlerini sağlar. Temel kasa elektrik sistemi ve temel kasa ısıtma ve soğutma sistemi bölümleri, analiz için taban çizgisini temsil eden taban çizgisi sisteminin emisyon profilinin bir açıklamasını sağlamaktadır. Önerilen kasa ısıtma ve soğutma sistemi bölümü, önerilen projenin emisyon profilinin, yani toprak kaynaklı ısı

pompası projesinin bir açıklamasını sunmaktadır. Sera gazı emisyonu azaltma özeti bölümü, kullanıcının önceki bölümlerde girdiği verilere ve diğer RETScreen çalışma sayfalarında girilen veya hesaplanan değerlere (ör. Yıllık yıllık enerji) göre tahmini sera gazı emisyonu azalmasının bir özetini sunmaktadır. Sonuçlar yılda kaçınılması gereken eşdeğer ton CO<sub>2</sub> olarak hesaplanmaktadır. Bu isteğe bağlı bir analizdir ve bu çalışma sayfasına girilen girdiler, mali özet ve hassasiyet çalışma sayfalarında görünen Sera Gazı ile ilgili kalemler hariç, diğer çalışma sayfalarında bildirilen sonuçları etkilememektedir.

Sera gazları arasında su buharı, karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), azot oksit (N<sub>2</sub>O), ozon (O<sub>3</sub>) ve çeşitli halo karbon sınıfları (yani, flor, klor ve brom ile birlikte karbon içeren kimyasallar) bulunmaktadır. Sera gazları güneş radyasyonunun Dünya atmosferine girmesine izin verir, ancak Dünya yüzeyinin yaydığı kızılötesi radyasyonun kaçmasını önler. Bunun yerine, bu giden radyasyon sera gazları tarafından emilir ve daha sonra yüzey ısınarak kısmen Dünya'ya termal radyasyon olarak yeniden yayılır. Enerji proje analiziyle en alakalı sera gazları karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve azot oksit (N<sub>2</sub>O)'dir. Bu gazlar RETScreen GHG emisyonu azaltma analizinde dikkate alınmaktadır.

Sera gazı analizi çalışma sayfası, emisyonla ilgili girdi kalemleri (örn. Yakıt karışımı, yakıt dönüşüm verimliliği) ve hesaplanan emisyon faktörü çıktı kalemleri (örn. Sera gazı emisyon faktörü) ile karar vericinin çeşitli emisyon parametrelerini göreceli olarak kolaylıkla değerlendirmesine olanak tanır. Bununla birlikte, kullanıcı, bu kullanım kolaylığının bir proje geliştiricisine, önerilen bir proje için bir taban çizgisi oluşturmak için neyin gerekli olduğuna dair çok iyimser ve basitleştirilmiş bir görünüm verebileceğini bilmelidir. Bu nedenle, kullanıcının, özellikle ön fizibilite analizi aşamasında, proje için temel emisyon faktörünün hesaplanmasında muhafazakar bir yaklaşım benimsemesi önerilmektedir. Proje için karbon finansmanı elde etmenin net faydalarını belirlemek için kullanıcı, bir kez karbon kredilerinin değerini ve ilgili işlem maliyetlerini ve bir kez içermeyen projeyi iki kez değerlendirebilir ve sonra sonuçları karşılaştırabilir.

Model, metan (CH<sub>4</sub>) ve azot oksidin (N<sub>2</sub>O) küresel ısınma potansiyelini göstermektedir. Kullanıcı "Özel" analiz türünü seçerse, sağlanan varsayılan değerlerden farklı değerler kullanıcı tarafından girilebilir. Araştırmacılar, göreceli ısı yakalama etkilerinin karşılaştırılmasını sağlamak için sera gazlarına Küresel Isınma Potansiyellerini (GWP'ler) atamaktadırlar.

Bir gazın küresel ısınma potansiyeli ne kadar yüksek olursa, sera etkisine katkısı da o kadar büyük olur. Örneğin azot oksit, atmosferdeki havanın ısınmasında karbondioksitten 310 kat daha etkilidir.

Kullanıcı farklı yakıt türleri için CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O emisyon faktörlerini girer. Birim enerji başına yayılan sera gazı kütlesini temsil ederler. Emisyon faktörleri farklı tip ve nitelikteki yakıtlar ile farklı tip ve boyutlardaki santraller için değişiklik gösterecektir. Şebekeye bağlı projeler için, kullanıcı büyük üretim tesislerini temsil eden faktörleri girmelidir. Tablonun altındaki elektrik karması satırında, model küresel elektrik karması ve verilen elektrik birimi başına eşdeğer emisyon faktörlerini hesaplar. Böylece elektrik karışım faktörleri, farklı yakıt türlerinin yakıt dönüşüm verimliliğinin ve Ar-Ge kayıplarının ağırlıklı bir ortalamasını oluşturmaktadır.

Seçilen her yakıt tipi için, birimler üretilen ısı enerjisinin gigajoule (kg / GJ) başına verilen kilogram gaz cinsinden verilir. Tablonun alt satırında gösterilen küresel elektrik karışımı için, birimler verilen son kullanım elektriğinin gigajoule'u başına kilogram gaz olarak verilir.

Bu veritabanı, modelde gereken bazı hava durumu verilerini içerir. Hava durumu veritabanına erişmek için kullanıcı "Veri ve Yardım Erişimi" ne başvurabilir. Yazılımı çalıştırırken, kullanıcı yer izleme istasyonlarından ve / veya NASA'nın uydu verilerinden hava durumu verileri alabilir. Yer izleme istasyonları verileri, Çevrimiçi Hava Durumu Veritabanı iletişim kutusundan belirli bir konum için seçim yapılarak elde edilir. NASA'nın uydu verileri, diyalog kutusundan NASA'nın Web sitesine bir bağlantı yoluyla elde edilir.

Diyalog kutusundan kullanıcı bir bölge, sonra bir ülke, sonra bir alt bölge (Kanada'daki eyaletler, ABD'deki eyaletler ve ülkelerin geri kalanındaki N / A) ve son olarak bir hava durumu istasyonu konumu seçer. Hava durumu istasyonu, genellikle seçilen ülke içindeki bir şehrin / kasabanın adına karşılık gelir. Diyalog kutusundan veriler "Verileri Yapıştır" düğmesine tıklayarak e-tablolara yapıştırılabilir. Yalnızca kalın olan veriler e-tablolara yapıştırılır; diğer tüm veriler sadece referans amaçlıdır. Çevrimiçi hava durumu veritabanı kullanılarak girilen verilerin üzerine yazılabilir, yani kullanıcı başka veriler kullanmayı tercih edebilir ve e-tablolara manuel olarak değerler girebilir.

Alternatif olarak kullanıcı, özellikle proje konumunun verilen hava durumu istasyonu konumuna yakın olmadığı durumda NASA uydu verilerini kullanabilir.

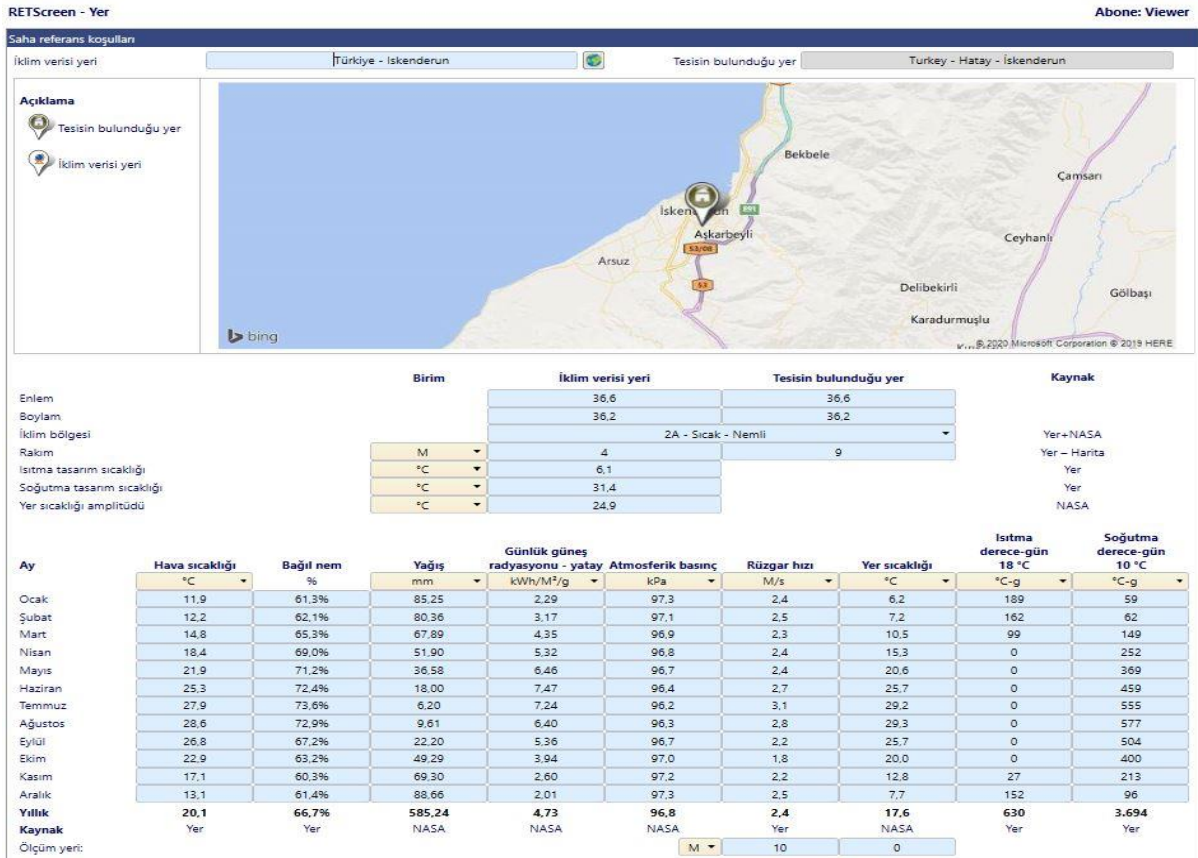
RETSscreen Temiz Enerji Proje Analiz Yazılımının bir parçası olarak, kullanıcının önemli teknik ve finansal parametrelerle ilgili önemli finansal göstergelerin hassasiyetini tahmin etmesine yardımcı olmak için bir Hassasiyet ve Risk Analizi çalışma sayfası sunulmaktadır. Bu standart duyarlılık ve risk analizi çalışma sayfasında iki ana bölüm bulunmaktadır: Duyarlılık Analizi ve Risk Analizi. Her bölüm, temel göstergeler ile önemli finansal göstergeler arasındaki ilişki hakkında bilgi vererek finansal göstergeler üzerinde en büyük etkiye sahip parametreleri gösterir. Duyarlılık Analizi bölümü genel kullanım için, Monte Carlo simülasyonu yapan Risk Analizi bölümü ise istatistik bilgisi olan kullanıcılar içindir.

Her iki analiz türü de isteğe bağlıdır. Bu çalışma sayfasına girilen girdiler, diğer çalışma sayfalarındaki sonuçları etkilemez.

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Kurulması üzerine inceleme yapılan iki termik santralimiz için yer olarak, Hatay ilinin İskenderun ilçesi seçilmiştir. İskenderun ilçesinin konumsal verileri, güneş alma süreleri, aylık olarak rüzgar hızları, nem oranı, rakımı ve bizim için önemli olan ısıtma tasarım sıcaklıkları ve soğutma tasarım sıcaklıkları ise National Aeronautics and Space Administration (NASA) isimli Amerika Birleşik Devletleri'ne ait uzay kurumunun uydularından alınmıştır.

Bu tez çalışmasında iki farklı yakıtlı termik santral; kömür yakıtlı termik santral ve doğalgaz yakıtlı termik santral, hem emisyon değerleri açısından hem de kurulum maliyetleri ve geri ödeme süreleri üzerine incelenmiş ve karşılaştırmaları yapılmıştır.



Şekil 4.1 Tesis yeri ve iklimsel verileri

#### 4.1. Kömür Yakıtlı Termik Santral Emisyon ve Maliyet Değerleri

Kömür yakıtlı termik santralimiz 1000 MW gücünde seçilmiş ve Şekil 4.2’de enerji santrali enerji üretim maliyetleri kıyaslamasında da görüldüğü üzere nerdeyse en verimsiz yakıt olarak belirlenmiştir. Lakin hali hazırda ülkemizde bulunan ve yapılması planlanan termik santrallerin çoğunluğu kömür yakıtlı termik santraller olmasından dolayı, ilk kıyas termik santralimiz kömür yakıtlı olarak seçilmiştir.



Şekil 4.2. Kömür Yakıtlı Termik Santral Retscreen Ekranı

Kömür yakıtlı termik santralimizde kullanılmaz üzere seçilen buhar türbinimiz 1000 MW gücünde seçilmiş, elektrik kapasitesi ise 7891156 MWh olarak ölçülmüştür ve yıllık olarak 2950607 Ton kömür kullanılması gerektiği hesaplanmıştır. Çizelge 4.1’de Buhar Türbini verileri verilmiştir.

Çizelge 4.1. Kömür Yakıtlı Termik Santal Buhar Türbini

Kapasite	Elektrik Üretimi	Yakıt Türü	Tüketim
1000 MW	7891156 MWh	Kömür	2950607 T

Kömür yakıtlı Termik Santralimizi modellerken gerekli ham madde olarak seçilen kömürün Materyal ve Metod bölümünde de anlatıldığı üzere Ton olarak fiyatı 89 dolar seçilmiştir. Şekil 4.3’de doğalgaz metreküp fiyatı da gösterilmiş olsa da seçilen türbinimiz buhar türbini olduğu için herhangi bir etkisi olmamış ve ham madde maliyetlerini hesaplarken işleme alınmamıştır. Üretilen elektrik enerjisinin ilçe şebekesine satış fiyatı olarak Elektrik Piyasası Satış Yönetmeliğine göre 57 kuruş olup, RetScreen kullanıcı paneli dolar üzerinden hesaplarını yaptığı için, KWh’i 0.10 dolar olarak sisteme tanımlanmıştır.

RETScreen - Enerji Modeli Abone: Viewer

Güç tesisi - 1.000.000 kW - Kömür - Buhar türbini

**Yakıtlar ve çizelgeler**

Elektrik ve yakıtlar

**Teknoloji**

Güç

Buhar türbini - 1000000 kW - Kömür

**Özet**

Sistem dahil?

Yakıtlar

**Yakıtlar**

Yakıt türü: Doğal gaz - m<sup>3</sup> / Kömür

Yakıt fiyatı - birim: \$/m<sup>3</sup> / \$/T

Yakıt fiyatı: 0,30 / 89

Isıl değer ve yakıt fiyatı: -

**Elektrik**

Tip: Elektrik ihracat fiyatı - yıllık

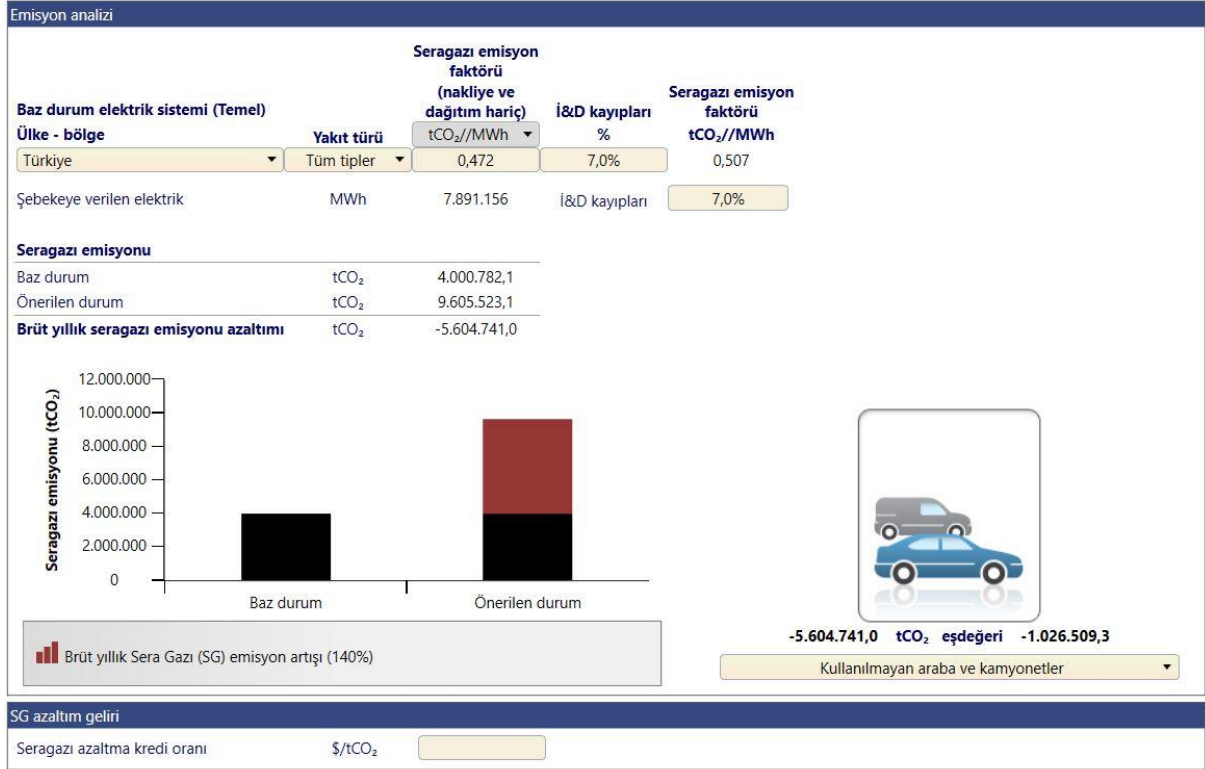
Açıklama: Elektrik ihracat fiyatı - yıllık

Fiyat - birim: \$/kWh

Fiyat - yıllık: 0,10

Şekil 4.3. Kömür Yakıtlı Termik Santral Hammadde Maliyet Giriş Ekranı

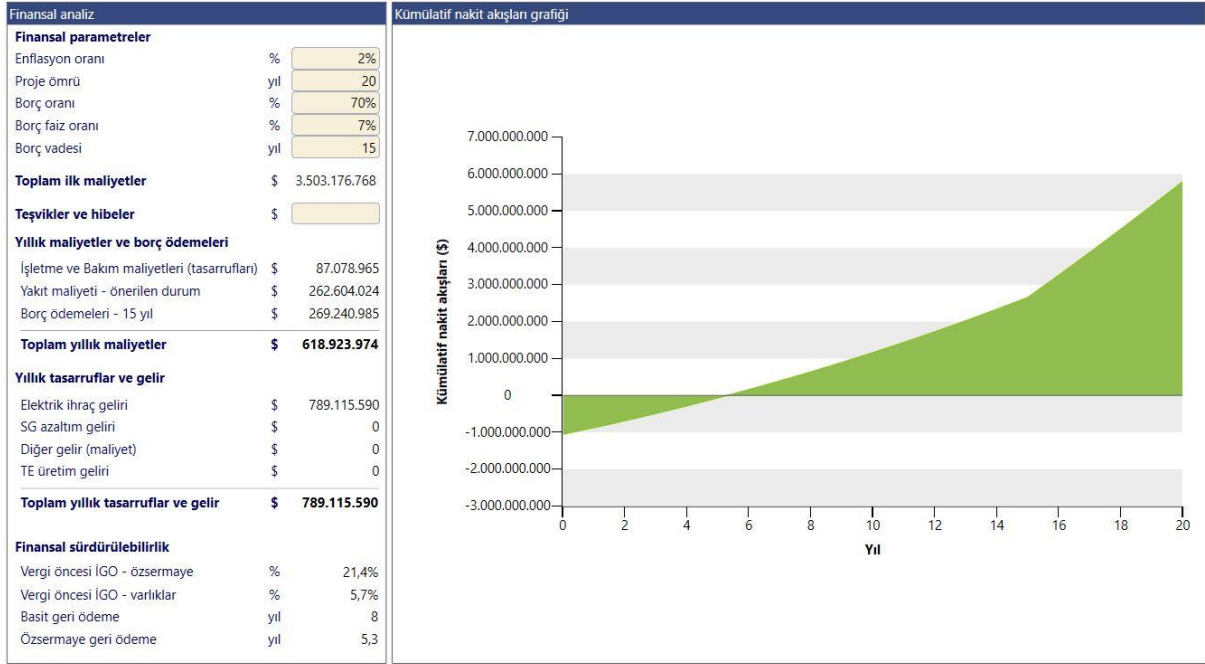
Şekil 4.4 ‘de Kömür yakıtlı Termik Santralinin emisyon analizi yapılmış olup, Ülkemiz için Seragazı emisyon faktörü MWh başına 0,472 tCO<sub>2</sub> olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama doğrultusunda baz durumda 4000782 tCO<sub>2</sub> olan seragazı emisyonu, kömür yakıtlı termik santralin bölgede kurulmasından sonra 9605523 tCO<sub>2</sub> seviyelerine çıkacağı hesaplanmış ve öngörülmüştür. Yüzdesel olarak %140 oranında bir seragazı emisyon arttırımı yapacak olan Kömür yakıtlı termik satrali, hali hazır durumda, bölgede bulunan diğer sanayi fabrikalarının oluşturduğu hava kirliliğini arttıracığı öngörülmüştür.



Şekil 4.4. Kömür Yakıtlı Termik Santral Emisyon Değerleri

Şekil 4.5.'de Kömür yakıtlı termik santralin finansal analizi yapılmıştır. Bu finansal analiz yapılırken devlet teşvikler göz önünde bulundurulmuş olup, %70 borçlanma ve 15 yıl vade üzerine hesaplamalar yapılmıştır. Teknik hesaplamalar için tesis ömrü 20 yıl olarak belirlenmiştir. Toplam ilk maliyet olarak ise 3,5 milyar dolar olarak belirlenmiştir. Toplam yıllık gelir olarak ise 789 milyon dolar öngörülmüştür. Bunun sonucunda basit geri ödeme süresi olarak 8 yıl bulunurken, öz sermaye geri ödemesi olarak ise 5,3 yıl öngörülmektedir. Bu geri ödeme süreleri elektrik ihraç bedellerinin değişimi ve ham maddeye ulaşımında öze dönüşlerle daha az sürelerle çekilebilmektedir.





Şekil 4.5. Kömür Yakıtlı Termik Santral Finansal Analiz Ekranı

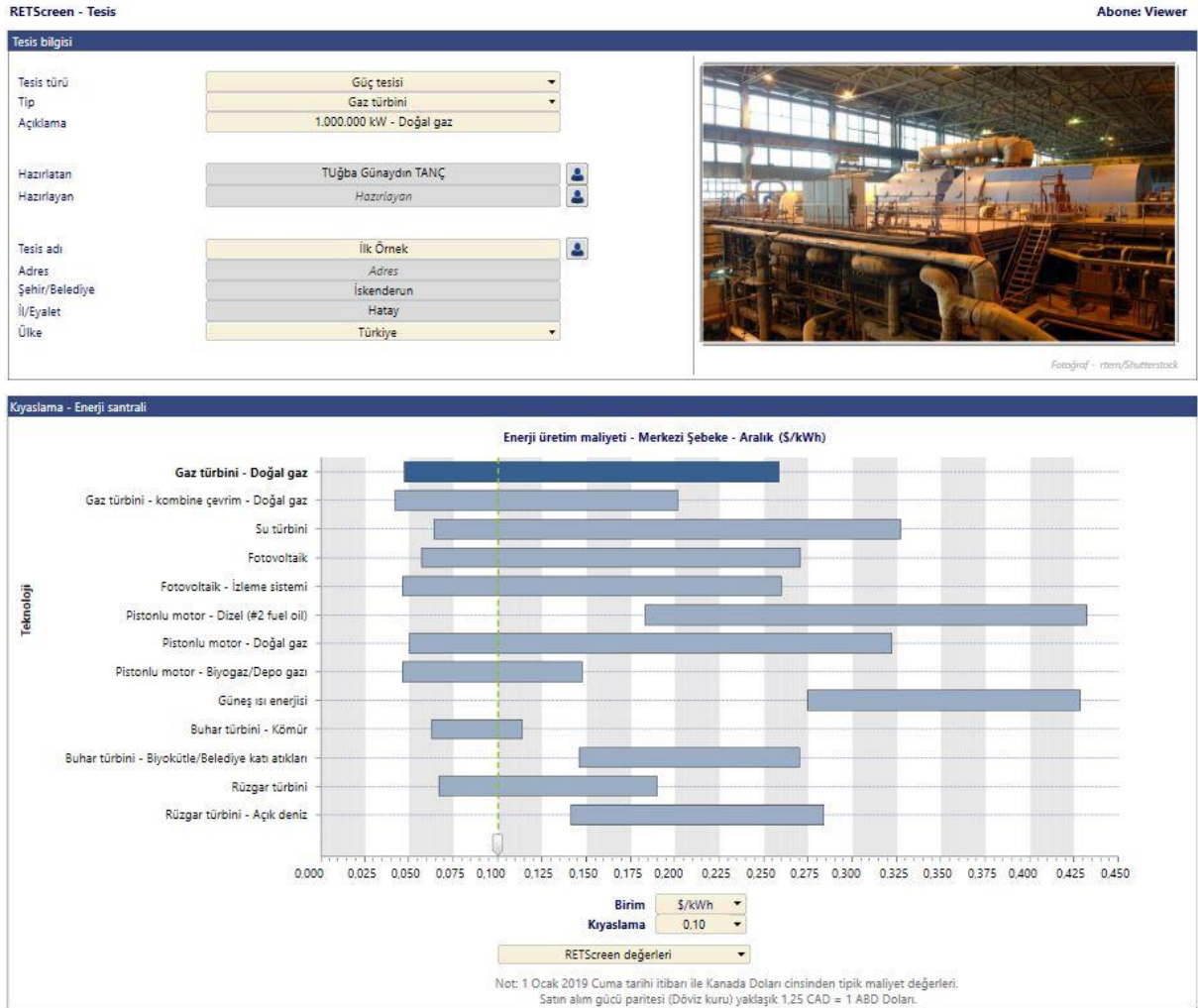
Şekil 4.6.'de ise toplamda 20 yıl hizmet verecek olan Kömür yakıtlı termik santralin yıllara göre öz sermaye geri ödeme süreleri gösterilmektedir. Bu öz sermaye ödeme süresi dağılımı kullanılan kredi faizlerine ve ülkemizin enflasyon oranlarına göre değişim göstermektedir. Lakin öz sermaye geri ödemesi ilk 10 yıl içerisinde ödenmesi genel olarak tesislerin finansal politikalarıdır.



Şekil 4.6. Kömür Yakıtlı Termik Santral Özsermaye Geri Ödeme Süreleri

## 4.2. Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral Emisyon ve Maliyet Değerleri

Doğalgaz yakıtlı termik santralimiz 1000 MW gücünde seçilmiş ve Şekil 4.7’de enerji santrali enerji üretim maliyetleri kıyaslamasında da görüldüğü üzere kömür yakıtlı termik santrallere göre daha verimli bir santral olarak seçilmiştir. Ülkemiz son zamanlar hem doğalgaz yakıt kullanan hem de karma yakıt kullanan termik santrallere yönelimleri desteklemektedir.



Şekil 4.7. Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral Retscreen Ekranı

Doğalgaz yakıtlı termik santralimizde kullanılmaz üzere seçilen gaz türbinimiz 1000 MW gücünde seçilmiş, elektrik kapasitesi ise 7708800 MWh olarak ölçülmüştür ve yıllık olarak 1914103502 m<sup>3</sup>doğalgaz kullanılması gerektiği hesaplanmıştır. Çizelge 4.2’de Gaz Türbini verileri verilmiştir.

Çizelge 4.2. Doğalgaz Yakıtlı Termik Santal Buhar Türbini

Kapasite	Elektrik Üretimi	Yakıt Türü	Tüketim
1000 MW	7708800 MWh	Doğalgaz	1914103502 m <sup>3</sup>

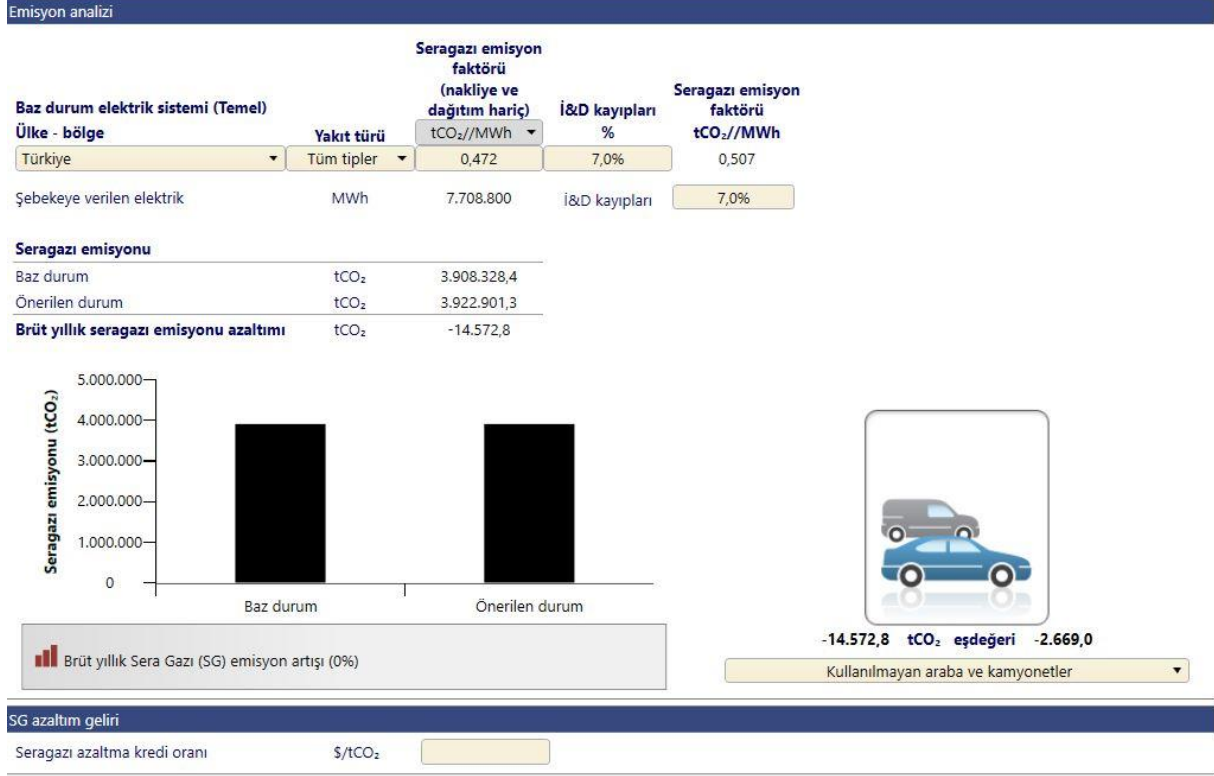
Doğalgaz yakıtlı Termik Santralimizi modellerken gerekli ham madde olarak seçilen doğalgaz Materyal ve Metod bölümünde de anlatıldığı üzere m<sup>3</sup> olarak fiyatı 0,27 dolar seçilmiştir. Şekil 4.8’de doğalgaz metreküp fiyatı da gösterilmiştir. Üretilen elektrik enerjisinin ilçe şebekesine satış fiyatı olarak Elektrik Piyasası Satış Yönetmeliğine göre 57 kuruş olup, RetScreen kullanıcı paneli dolar üzerinden hesaplarını yaptığı için, KWh’i 0.10 dolar olarak sisteme tanımlanmıştır.

The screenshot shows the RETScreen - Enerji Modeli software interface. The main window title is "Güç tesisi - 1.000.000 kW - Doğal gaz - Gaz türbini". The interface is divided into several sections:

- Yakıtlar ve çizelgeler:** Includes "Elektrik ve yakıtlar", "Teknoloji", "Güç" (Gaz türbini - 1000000 kW), and "Özet".
- Yakıtlar:** A section for defining fuel inputs. It shows:
  - Yakıt türü: Doğal gaz - m<sup>3</sup>
  - Yakıt fiyatı - birim: \$/m<sup>3</sup>
  - Yakıt fiyatı: 0,27
  - Isıl değer ve yakıt fiyatı: (collapsed)
- Elektrik:** A section for defining electricity output. It shows:
  - Tip: Elektrik ihracat fiyatı - yıllık
  - Açıklama: Elektrik ihracat fiyatı - yıllık
  - Fiyat - birim: \$/kWh
  - Fiyat - yıllık: 0,10

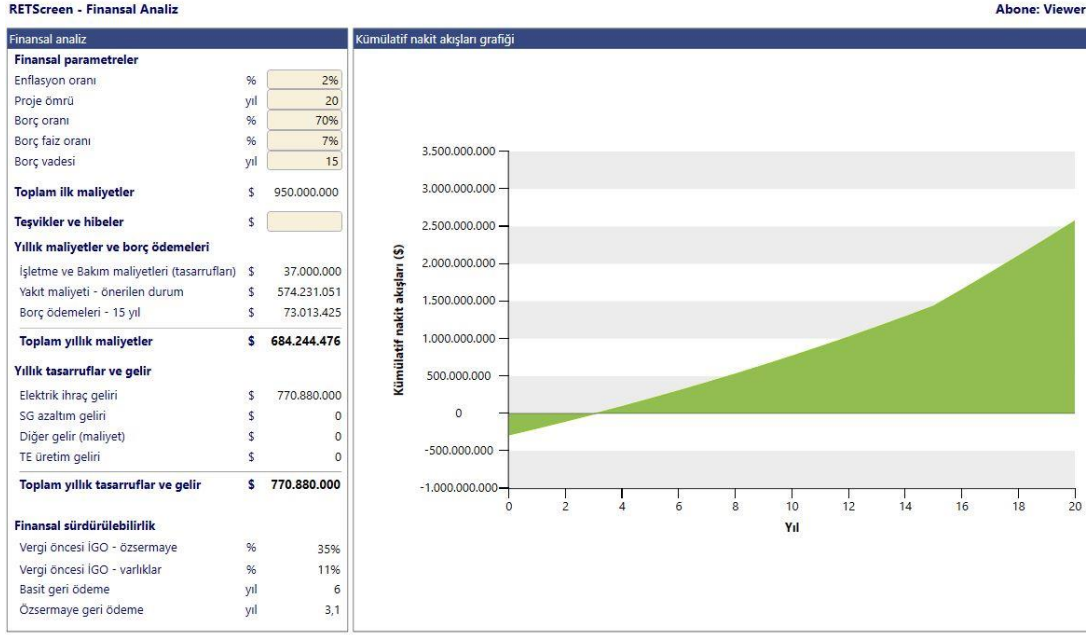
Şekil 4.8. Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral Hammadde Fiyat Giriş Ekranı

Şekil 4.9’da Doğalgaz yakıtlı Termik Santralinin emisyon analizi yapılmış olup, Ülkemiz için Seragazı emisyon faktörü MWh başına 0,472 tCO<sub>2</sub> olarak tanımlanmıştır. Bu tanımlama doğrultusunda baz durumda 3908328 tCO<sub>2</sub> olan seragazı emisyonu, doğalgaz yakıtlı termik santralin bölgede kurulmasından sonra 3922901 tCO<sub>2</sub> seviyelerine çıkacağı hesaplanmış ve öngörülmüştür. 14572 tCO<sub>2</sub>’lik bir değişim göz ardı edilebilecek bir değişim olduğu için bölgenin sera emisyonu açısından dengesini nerdeyse değiştirmemiştir.



Şekil 4.9. Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral Emisyon Değerleri

Şekil 4.10'da doğalgaz yakıtlı termik santralin finansal analizi yapılmıştır. Bu finansal analiz yapılırken devlet teşvikler göz önünde bulundurulmuş olup, %70 borçlanma ve 15 yıl vade üzerine hesaplamalar yapılmıştır. Teknik hesaplamalar için tesis ömrü 20 yıl olarak belirlenmiştir. Toplam ilk maliyet olarak ise 950 milyon dolar olarak belirlenmiştir. Toplam yıllık gelir olarak ise 770 milyon dolar öngörülmüştür. Bunun sonucunda basit geri ödeme süresi olarak 6 yıl bulunurken, öz sermaye geri ödemesi olarak ise 3,1 yıl öngörülmektedir. Bu geri ödeme süreleri elektrik ihraç bedellerinin değişimi ve ham maddeye ulaşımında öze dönüşlerle daha az sürelerle çekilebilmektedir.



Şekil 4.10. Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral Finansal Analiz Ekranı

Şekil 4.11'da ise toplamda 20 yıl hizmet verecek olan Kömür yakıtlı termik santralin yıllara göre öz sermaye geri ödeme süreleri gösterilmektedir. Bu öz sermaye ödeme süresi dağılımı kullanılan kredi faizlerine ve ülkemizin enflasyon oranlarına göre değişim göstermektedir. Lakin öz sermaye geri ödemesi ilk 10 yıl içerisinde ödenmesi genel olarak tesislerin finansal politikalarıdır.



Şekil 4.11. Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral Özsermaye Geri Ödeme Süresi

### 4.3. İki Termik Santralin Karşılaştırılması

Kömür yakıtlı termik santral ve doğalgaz yakıtlı termik santralleri sera emisyon gazı olarak karşılaştırdığımızda açıkça görülüyor ki; doğalgaz yakıtlı termik santral bölgenin sera emisyon gazı dengesini etkilemezken, kömür yakıtlı termik santral bölgenin sera emisyon gazı etkisini %140 seviyesinde arttırmaktadır. Çizelge 4.3’de gerekli karşılaştırmalar mevcuttur.

Çizelge 4.3. Seragazı salınım karşılaştırması

	Sera Gazı Emisyonu	Sera Gazı Emisyonu Yüzdese Etki
Kömür Yakıtlı Termik Santral	9605523 tCO <sub>2</sub>	%140
Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral	3922901 tCO <sub>2</sub>	%0.1

Kömür yakıtlı termik santral ve doğalgaz yakıtlı termik santralleri maliyet olarak karşılaştırdığımızda ise yine açıkça görülüyor ki; doğalgaz yakıtlı termik santral 950 bin olark ön maliyet ile kömür yakıtlı termik santralin ön maliyetine göre oldukça düşüktür. Geri ödeme sürelerinde ise yine aynı durum söz konusudur. Çizelge 4.4’de gerekli karşılaştırmalar gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Maliyet ve Geri ödeme süreleri karşılaştırılması

	Ön Maliyet	Basit Geri Ödeme	Öz Sermaye Geri Ödeme
Kömür Yakıtlı Termik Santral	3,5 milyar dolar	8	5,7
Doğalgaz Yakıtlı Termik Santral	950 milyon dolar	6	3,1

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada, birincil enerji kaynaklarının elektrik üretiminde en fazla kullanılan tesislerinden olan termik santraller iki farklı yakıt türüne göre incelenmiştir. Kömür yakıtlı termik santral ve doğalgaz yakıtlı termik santral üzere ayrılan bu iki farklı yakıtlı termik santral RetScreen programı ile hem sera gazı etkileri bakımından hem de maliyet açısından incelenmiştir.

Bu iki santral program içerisinde incelenirken, tesis yeri olarak Hatay ilinin İskenderun ilçesi seçilmiş ve gerekli iklimsel değerler RetScreen programı vasıtasıyla NASA uydularından alınmıştır.

Santraller sera gazı emisyonu etkisiyle incelenirken, bölgenin sera gazı emisyon 0,472 tCO<sub>2</sub>/MWh olarak alınmıştır. Bunun sonucunda hem kömür yakıtlı termik santral hem de doğalgaz yakıtlı termik santral için hesaplamalar yapılmıştır.

Maliyetsel açıdan incelenmelerinde ise %70 oranında kredi kullanılmış ve 15 senelik bir süreç göz önüne alınmıştır. Tesis ömürleri ise 20 sene üzerinden hesaplanmıştır. Devletimiz teşvikleri doğrultusunda enflasyon oranı %2 olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmanın en önemli sonuçları aşağıda sıralanmıştır;

- Modellenen kömür yakıtlı termik santral baz durumunda 4000782 tCO<sub>2</sub> olan seragazı emisyonunu, 9605523 tCO<sub>2</sub> seviyelerine çıkararak %140 oranında arttırmıştır.
- Modellenen doğalgaz yakıtlı termik santral baz durumunda 3908328 tCO<sub>2</sub> olan seragazı emisyonunu, 3922901 tCO<sub>2</sub> seviyelerine çıkararak çok az bir artırım sağlamıştır.
- Modellenen iki termik santralden, kömür yakıtlı termik santral için 3.5 milyar dolar ön maliyet gerekirken, geri ödeme süresi 8 sene olarak hesaplanmıştır. Modellenen doğalgaz yakıtlı termik santral için ise 950 milyon dolar ön maliyet gerekirken, geri ödeme süresi 6,1 sene olarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmanın ışığında doğalgaz yakıtlı termik santraller kömür yakıtlı termik santrallere göre, hem daha çevreci hem de maliyet olarak daha verimlidir.

Ülkemizin jeopolitikyeri nedeniyle ve Tuz gölünde oluşturulacak yüksek kapasiteli doğalgaz depolama yerleri sayesinde, termik santral kullanımlarında kömür yakıt yerine doğalgaz yakıtı kullanılması veyahut kombine modeller oluşturulması daha verimli olacaktır.

Bu çalışmanın gerekli yerinde incelemeler ile hali hazırda kurulu olan termik santrallerden alınacak veriler dahilinde karşılaştırılmalarının yapılması ve gerekli emisyon değerlerini ve maliyet giderlerini düşürme yöntemleri araştırılarak literatüre kazandırılması ise gelecek çalışmalar için önerilmektedir.





## KAYNAKLAR

- Abalos, M., Polvani, L., Calvo, N., Kinnison, D., Ploeger, F., Randel, W., & Solomon, S. (2019). New Insights on the Impact of Ozone- Depleting Substances on the Brewer- Dobson Circulation. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(5), 2435-2451.
- Amin, M. B., & Husain, T. (1994). Kuwaiti oil fires—air quality monitoring. *Atmospheric Environment*, 28(13), 2261-2276.
- Arrieta, F. R. P., & Lora, E. E. S. (2005). Influence of ambient temperature on combined-cycle power-plant performance. *Applied Energy*, 80(3), 261-272.
- Burnett, R. T., Dales, R. E., Raizenne, M. E., Krewski, D., Summers, P. W., Roberts, G. R., ... & Brook, J. (1994). Effects of low ambient levels of ozone and sulfates on the frequency of respiratory admissions to Ontario hospitals. *Environmental research*, 65(2), 172-194.
- Chakraborty, N., Mukherjee, I., Santra, A. K., Chowdhury, S., Chakraborty, S., Bhattacharya, S., ... & Sharma, C. (2008). Measurement of CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, and NO emissions from coal-based thermal power plants in India. *Atmospheric Environment*, 42(6), 1073-1082.
- Chalvatzis, K. J., & Ioannidis, A. (2017). Energy supply security in the EU: Benchmarking diversity and dependence of primary energy. *Applied energy*, 207, 465-476.
- Chedid, R., Kobrosly, M., & Ghajar, R. (2007). The potential of gas-to-liquid technology in the energy market: The case of Qatar. *Energy Policy*, 35(10), 4799-4811.
- Chen, Q., Dunn, J. B., & Allen, D. T. (2019). Greenhouse Gas Emissions of Transportation Fuels from Shale Gas-Derived Natural Gas Liquids. *Procedia CIRP*, 80, 346-351.
- Croft, C. K. (2016). Sierra Club's Greater Baltimore Group, Labor & Economic Justice Program Statement on the Port Covington Project at the March 29, 2017 University of Baltimore Law Symposium. *J. Land & Dev.*, 6, 175.

- De Sa, A., & Al Zubaidy, S. (2011). Gas turbine performance at varying ambient temperature. *Applied Thermal Engineering*, 31(14-15), 2735-2739.
- Delfino, R. J., Murphy-Moulton, A. M., & Becklake, M. R. (1998). Emergency room visits for respiratory illnesses among the elderly in Montreal: association with low level ozone exposure. *Environmental Research*, 76(2), 67-77.
- Demirbaş, A. (2003). Energy and environmental issues relating to greenhouse gas emissions in Turkey. *Energy Conversion and Management*, 44(1), 203-213.
- Derbal-Mokrane, H., Bouaichaoui, S., El Gharbi, N., Belhamel, M., & Benzaoui, A. (2012). Modeling and numerical simulation of an integrated solar combined cycle system in Algeria. *Procedia engineering*, 33, 199-208.
- DOE, U. (1996). *Electric Power Annual 1995, Volume I. Washington, DC: Energy Information Administration, US Department of Energy*. DOE/EIA-0348 (95)/1. July.
- Enerji Atlası (2017). <https://www.enerjiatlası.com/haber/elektrik-uretiminde-karbon-salinimi>
- EPA, U. (2017). Profile of the Fossil Fuel Electric Power Generation Industry. *EPA Office of Compliance Sector Notebook Project*.
- Fairley, D. (1990). The relationship of daily mortality to suspended particulates in Santa Clara County, 1980-1986. *Environmental Health Perspectives*, 89, 159-168.
- Fergusson, J. E. (1986). Lead: petrol lead in the environment and its contribution to human blood lead levels. *Science of the total environment*, 50, 1-54.
- Gasparri, A., Guo, Y., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., Huber, V., Tong, S., ... & Ortega, N. V. (2017). Projections of temperature-related excess mortality under climate change scenarios. *The Lancet Planetary Health*, 1(9), e360-e367.

- Gautam, S., Patra, A. K., Sahu, S. P., & Hitch, M. (2018). Particulate matter pollution in opencast coal mining areas: a threat to human health and environment. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 32(2), 75-92.
- Goldemberg, J. (2006). The ethanol program in Brazil. *Environmental Research Letters*, 1(1), 014008.
- Gordian, M. E., Ozkaynak, H., Xue, J., Morris, S. S., & Spengler, J. D. (1996). Particulate air pollution and respiratory disease in Anchorage, Alaska. *Environmental Health Perspectives*, 104(3), 290-297.
- Gray, S. (2017). *Coal and Empire: The birth of energy security in industrial America*.
- Henry, C. L., & Pratson, L. F. (2016). Effects of environmental temperature change on the efficiency of coal-and natural gas-fired power plants. *Environmental science & technology*, 50(17), 9764-9772.
- International Energy Agency (IEA). (2007). *World energy outlook 2007: China and India insights*.
- Jabboury, B. G., & Darwish, M. A. (1990). The effect of the operating parameters of heat recovery steam generators on combined cycle/sea-water desalination plant performance. *Heat Recovery Systems and CHP*, 10(3), 255-267.
- Jaramillo, P., Griffin, W. M., & Matthews, H. S. (2007). Comparative life-cycle air emissions of coal, domestic natural gas, LNG, and SNG for electricity generation. *Environmental science & technology*, 41(17), 6290-6296.
- Jaramillo, P., Griffin, W. M., & Matthews, H. S. (2007). Comparative life-cycle air emissions of coal, domestic natural gas, LNG, and SNG for electricity generation. *Environmental science & technology*, 41(17), 6290-6296.
- Johnson, D. R., Heltzel, R., Nix, A. C., Clark, N., & Darzi, M. (2017). Greenhouse gas emissions and fuel efficiency of in-use high horsepower diesel, dual fuel, and

natural gas engines for unconventional well development. *Applied energy*, 206, 739-750.

Koornneef J, Keulen TV, Faaij A, Turkenburg W (2008) Life cycle assessment of a pulverized coal power plant with post-combustion capture, transport and storage of CO<sub>2</sub>. *Int J Greenhouse Gas Control* 2(4):448–467

Lippke, F. (1995). *Simulation of the part-load behavior of a 30 MWe SEGS plant* (No. SAND-95-1293). Sandia National Labs., Albuquerque, NM (United States).

Mahapatra, D., Shukla, P., & Dhar, S. (2012). External cost of coal based electricity generation: A tale of Ahmedabad city. *Energy Policy*, 49, 253-265.

Montes, M. J., Abánades, A., Martínez-Val, J. M., & Valdés, M. (2009). Solar multiple optimization for a solar-only thermal power plant, using oil as heat transfer fluid in the parabolic trough collectors. *Solar Energy*, 83(12), 2165-2176.

NRDC, 1999, Kingpins of carbon: How fossil fuel producers contribute to global warming, The Natural Resources Defense Council, Union of Concerned Scientists, July 1999.

Odeh NA, Cockerill TT (2008) Life cycle analysis of UK coal fired power plants. *Energy Convers Manag* 49:212–220

Özmen, M. T. (2009). Sera Gazı-Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü. *İMO Dergisi*, 453(1), 42-46.

Phumpradab, K., Gheewala, S. H., & Sagisaka, M. (2009). Life cycle assessment of natural gas power plants in Thailand. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 14(4), 354-363.

Pope III, C. A. (1992). Schwartz J, and Ransom MR. *Daily mortality and PM10 pollution in Utah Valley. Arch Environ Health*, 47, 211-217.

- Poullikkas, A. (2009). Economic analysis of power generation from parabolic trough solar thermal plants for the Mediterranean region—A case study for the island of Cyprus. *Renewable and sustainable Energy reviews*, 13(9), 2474-2484.
- Reddy, V. S., Kaushik, S. C., & Tyagi, S. K. (2012). Exergetic analysis and performance evaluation of parabolic trough concentrating solar thermal power plant (PTCSTPP). *Energy*, 39(1), 258-273.
- Robinson, E. (1977). Effects on the physical properties of the atmosphere. *Air Pollution: The effects of air pollution*, 2, 349-400.
- Schwartz, J. (1991). Particulate air pollution and daily mortality in Detroit. *Environmental Research*, 56(2), 204-213.
- Schwartz, J., & Dockery, D. W. (1992). Increased mortality in Philadelphia associated with daily air pollution concentrations. *American review of respiratory disease*, 145(3), 600-604.
- Schwartz, J., & Marcus, A. (1990). Mortality and air pollution in London: a time series analysis. *American journal of epidemiology*, 131(1), 185-194.
- TEİAŞ Elektrik Üretim İstatistikleri (2019). <https://www.enerjiportali.com/teias-2019-ekonomik-istatistiklerini-yayimladi/>
- US Environmental Protection Agency. (1982). Air quality criteria for particulate matter and sulfur oxides.
- Van Zelm R, Huijbregts MAJ, Den Hollander HA, Van Jaarsveld HA, Sauter FJ, Struijs J, Van Wijnen HJ, Van de Meent D (2008) European characterization factors for human health damage of PM10 and ozone in life cycle impact assessment. *Atmos Environ* 42(3):441–453
- Walvekar PP, Gurjar BR (2013) Formulation, application and evaluation of a stack emission model for coal-based power stations. *Int J Environ Sci Technol* 10(6):1235–1244

Weisser, D. (2007). A guide to life-cycle greenhouse gas (GHG) emissions from electric supply technologies. *Energy*, 32(9), 1543-1559.

Wichmann, H. E., Mueller, W., Allhoff, P., Beckmann, M., Bocter, N., Csicsaky, M. J., ... & Schoeneberg, G. (1989). Health effects during a smog episode in West Germany in 1985. *Environmental health perspectives*, 79, 89-99.

Zou, C., Zhao, Q., Zhang, G., & Xiong, B. (2016). Energy revolution: From a fossil energy era to a new energy era. *Natural Gas Industry B*, 3(1), 1-11.



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı,adı :GÜNAYDIN TANÇ Tuğba  
 Uyruğu :T.C.  
 Doğumtarihiveyeri :01.01.1989, Mersin  
 Medenihali :Evli  
 Telefon :0(533)311 70 40  
 e-mail :tugba.tanc.mfbe16@iste.edu.tr



### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	İskenderun Teknik Üniversitesi/Makina Mühendisliği	2020
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi/Çevre Mühendisliği	2015
Lise	Pakize Kokulu Lisesi	2007

### İş Deneyimi

Yıl Yer Görev

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayınlar

### Hobiler

Kitap okuma, spor yapma, film seyretmek

**DİZİN**

---

**A**

Azotdioksit · xv

---

**C**

CH<sub>4</sub> · 4, 23, 24

CO<sub>2</sub> · xv, 3, 5, 12, 13, 15, 23, 24,  
38, 41

---

**E**

emisyon · vii, 2, 8, 10, 12, 16, 18,  
22, 23, 24, 26, 28, 32, 35, 36,  
37

---

**N**

N<sub>2</sub>O · xv, 23, 24

---

**R**

RetScreen · vii, xiv, 17, 19, 20, 22,  
28, 32, 36

---

**S**

Seragazi · 32





**TEKNOVERSİTE**



teknoversite **AYRICALIĞINDASINIZ**

**İSTE**

