

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**CİBUTİ'DEKİ YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN GÜNEŞ,
JEOTERMAL VE RÜZGÂR ENERJİ POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Zakaria Hassan YOUSOUF

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Makine Mühendisliği Programı

HAZİRAN, 2020

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**CİBUTİ'DEKİ YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN GÜNEŞ,
JEOTERMAL VE RÜZGÂR ENERJİ POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Zakaria Hassan YOUSOUF
(Y1713.080019)

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Makine Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr.Öğr. Üyesi. Vedat ÖZTÜRK

HAZİRAN, 2020



T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

02/06/2020

YÜKSEK LİSANS TEZ SINAV TUTANAĞI

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Makine Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1713.080019 numaralı öğrencisi Zakaria Hassan YOUSOUF'un *Istanbul Aydın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin 9. (1) maddesine* göre hazırlayarak Enstitümüze teslim ettiği **“CİBUTİ'DEKİ YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN GÜNEŞ, JEOTERMAL VE RÜZGAR ENERJİ POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI”** adlı tezi, Yönetim Kurulumuzun 24.02.2020 tarihli ve 2020/03 sayılı toplantısında seçilen ve B402 nolu salonda küresel salgın COVID-19 sebebiyle Skype aracılığı ile toplanan biz jüri üyeleri huzurunda, ilgili yönetmelik gereğince 30.dakika süre ile aday tarafından savunulmuş ve sonuçta adayın tezi hakkında oybirliği ile kabul kararı verilmiştir.

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Vedat
ÖZTÜRK

İşbu tutanak, tez danışmanı tarafından jüri üyelerinin tez değerlendirme sonuçları dikkate alınarak jüri üyeleri adına onaylanmıştır.

ONAY

Prof. Dr. Ragıp Kutay KARACA
Enstitü Müdürü

(*) Oybirliği/Oyçokluğu hâli yazı ile yazılacaktır.

(**) Kabul / Ret veya Düzeltme kararı hâli yazı ile yazılacaktır.

YEMİN METNİ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Cibuti’deki Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Güneş, Jeotermal ve Rüzgâr Enerji Potansiyelinin Araştırılması” adlı çalışmanın proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (02/06/2020)

Zakaria Hassan YOUSOUF

Anneme ve babama,

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren ve destekleyen tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Vedat ÖZTÜRK'e şükranlarımı sunarım. Ayrıca çalışmalarım esnasında sağlamış oldukları akademik destekleri için UDEF AKADEMİ ÇÖZÜM MERKEZİ'ne teşekkürü bir borç bilirim. Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında her türlü maddi ve manevi destekte bulunan değerli aileme ve tüm arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Haziran, 2020

Zakaria Hassan YOUSOUF

(Makine Mühendisliği)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. MATERYAL VE METOT	4
3.1 Materyal	4
3.2 Metot.....	4
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	5
4.1 Yenilenebilir Enerji	5
4.1.1 Güneş enerjisi	6
4.1.1.1 İklimsel özellikler.....	6
4.1.1.2 Güneş potansiyelinin tahmini.....	9
4.1.1.3 Kırsal bir okulun fotovoltaik güneş enerjisinin elektrifikasyonu.....	13
4.1.2 Rüzgâr enerjisi	26
4.1.2.1 Genel sunum	27
4.1.2.2 5 MW'tan daha fazla gücü olan rüzgâr parkı tesisleri	27
4.1.2.3 Kırsal alanda bulunan rüzgâr parklarının elektrik şebekelerinin kurulması.....	41
4.1.3 Jeotermal enerji.....	46
4.1.3.1 Jeotermik göstergeler	46
4.1.3.2 Bu alanlarda gerçekleştirilen çalışmalar	50
4.1.3.3 Çalışmaların sonuçları.....	52
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	60
KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ.....	68

KISALTMALAR

ADDS	: Cibuti Sosyal Gelişim Ajansı
ADED	: Cibuti Enerji ve Kalkınma Derneği
GW	: Gigawatt
kW	: Kilowatt
kWh	: Kilowatt saat
MW	: Megawatt
NASA	: Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi
WRDC	: Dünya Radyasyon Veri Merkezi
Wh	: Watt saat

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1:	Cibuti’de toplanan temel meteorolojik verilerin aylık ortalamaları (1992-1996).	7
Çizelge 4.2:	Cibuti’de ana iklim verilerinin aylık ortalamaları	8
Çizelge 4.3:	Günlük küresel ışınlama ortalaması (kWh /m ² /gün).	11
Çizelge 4.4:	Blok I ekipmanı	14
Çizelge 4.5:	Müdür lojmanı	14
Çizelge 4.6:	Eğitim lojmanı	14
Çizelge 4.7:	Blok III ekipmanı	14
Çizelge 4.8:	Blok IV ekipmanı	15
Çizelge 4.9:	Günlük ihtiyaçlar	16
Çizelge 4.10:	Kullanılan elektrik kablolarının ohmik rezistansı	22
Çizelge 4.11:	Elde edilen aylık ortalama güneş ışını değerlerinin özeti.....	24
Çizelge 4.12:	Yapı katsayısının hesaplanması.....	25
Çizelge 4.13:	Farklı parkların rüzgâr potansiyeline göre dağılımı	27
Çizelge 4.14:	Ölçüm direkleri istasyonlarının tanımı.....	28
Çizelge 4.15:	Ölçüm direklerinin verileri	28
Çizelge 4.16:	Uygun rüzgâr alanlarının belirlenmesi	30
Çizelge 4.17:	Ghoubet sahasının tahmini enerji üretimi	31
Çizelge 4.18:	Ali Sabieh tesisi için tahmini enerji üretimi	33
Çizelge 4.19:	Cibuti şehri tesisi için tahmini enerji üretimi	35
Çizelge 4.20:	Egralyta tesisindeki tahmini enerji üretimi.....	37
Çizelge 4.21:	Bara Wein rüzgâr parkı için üretilecek tahmini enerji üretimi.....	39
Çizelge 4.22:	Day istasyonunun koordinatları.....	41
Çizelge 4.23:	Yoboki istasyonunun koordinatları	43
Çizelge 4.24:	Hol Hol istasyonunun koordinatları	45
Çizelge 4.25:	Assal-Goubbet bölgesindeki kuyuların özellikleri	54

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 4.1:	Cibuti’de bağıl nem ve aşırı sıcaklıkların aylık ortalamalarının grafiksel gösterimi.....	8
Şekil 4.2:	Küresel güneş haritalaması.....	10
Şekil 4.3:	Gued-Qarweyné Devlet İlköğretim Okulu.....	13
Şekil 4.4:	Okulun görünümü ve tanımı	15
Şekil 4.5:	Seçilen yerin görünümü	16
Şekil 4.6:	Küresel rüzgâr potansiyelinin haritalanması.....	27
Şekil 4.7:	Rüzgâr potansiyelinin grafiksel gösterimi.....	30
Şekil 4.8:	Ghoubet parkı elektrik şebeke ağının ara bağlantı şeması	32
Şekil 4.9:	Ali Sabieh Tesisi’nin elektrik ve ara bağlantı şeması	34
Şekil 4.10:	Cibuti şehri rüzgâr parkı ile elektrik şebekesi arasındaki bağlantı şeması.....	36
Şekil 4.11:	Egralyta parkının şebekeye bağlantı şeması.....	38
Şekil 4.12:	Bara Wein parkı ağının ara bağlantı şeması.....	40
Şekil 4.13:	Cibuti’de bulunan jeotermik alanların haritası.....	47
Şekil 4.14:	Korulu sıcak su kaynağı (kaplıca).....	50
Şekil 4.15:	Assal fay kırığı	50
Şekil 4.16:	Assal bölgesindeki yeraltı jeotermal sondaj yerleri	53
Şekil 4.17:	Önerilen jeotermal alan modeli	55
Şekil 4.18:	Assal 1 ve 2 sondaj sıcaklığı profilleri	56
Şekil 4.19:	Assal 3, 4 ve 5 sondaj sıcaklığı profilleri	56
Şekil 4.20:	Hanlé 2 sıcaklık profilleri.....	58
Şekil 4.21:	Hanlé 1 sıcaklık profilleri.....	58

CİBUTİ'DEKİ YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARINDAN GÜNEŞ, JEOTERMAL VE RÜZGÂR ENERJİ POTANSİYELİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Genel olarak, fosil yakıtların öngörülebilir tükenmesi, küresel ısınmaya karşı mücadele gerekliliği, çevrenin korunmasına yönelik farkındalık ve son olarak enerji politikalarındaki sürdürülebilir kalkınmanın dikkate alınması, yenilenebilir enerjileri gezegenimizin geleceği. Ancak şu anda yıllık % 3,5'lik bir ekonomik büyümeyi bilen Cibuti Cumhuriyeti için, ekonomik büyümesini sağlamak ve para birimlerinden tasarruf sağlamak için yenilenebilir enerjilerdeki potansiyelini kullanmak neredeyse hayati önem taşıyor.

Ne yazık ki, ülke enerjinin bol olduğu ancak elektriğin nadir olduğu Sahra altı Afrika ülkelerinin aynı enerji durumunu biliyor! Gerçekten de, ülkenin mevcut enerji dengesi güçlü bir şekilde abartılıdır. Nüfusun enerji ihtiyacının % 97'si (çoğunlukla % 85'in üzerinde kentsel) petrol üretimi ithalatıyla karşılanmaktadır ve Cibuti hanelerinin% 90'ı gazyağını yerli yakıt olarak kullanmaktadır. Elektrik şebekesinin kapsama oranı çok düşüktür, yaklaşık % 30'dur. Elektrik üretiminin sadece % 0,2'si (toplam kapasite 130 MW kurulu iken) benzersiz bir yenilenebilir kaynaktan yapılmaktadır enerji (fotovoltaik güneş enerjisi).

Bununla birlikte, Cibuti doğasında barındırdığı yenilenebilir enerji kaynaklarıyla büyük bir potansiyele sahiptir. Fotovoltaik güneş enerjisi (PV) seviyesinde, elde edilen güneş enerjisi potansiyelinin 20 000 MWh olduğu tahmin edilmektedir. Rüzgâr enerjisi seviyesinde, potansiyel tahmin şu anda 8 MWh'tır ve ülkede büyük ya da küçük rüzgâr türbinleri kullanılmamaktadır. Jeotermal enerji seviyesinde, potansiyelin teknik olarak 350-650 MWh arasında olduğu tahmin edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Yenilenebilir enerji, Güneş enerjisi, Rüzgâr enerjisi, Jeotermal enerji, Potansiyel.*

INVESTIGATION ON POTENTIEL RENEWABLE ENERGY SOURCES, SUN, GEOTHERMAL AND WIND ENERGY IN DJIBOUTI

ABSTRACT

Generally, the predictable exhaustion of the fossil fuels, the necessity of fighting against the global warming, the awareness for the protection of the environment and finally the consideration of the sustainable development in energy policies put the renewable energies in the heart of a strategic stake for the future of our planet. But for the Republic of Djibouti which currently knows an annual economic growth of 3,5 %, it is almost vital to exploit its potential in renewable energies to ensure its economic growth and to realize savings of currencies.

Unfortunately, the country knows the same energy situation of the countries of sub-Saharan Africa where the energy is plentiful but the electricity is rare! Indeed, the current energy balance of the country is strongly overdrawn. The 97 % of the energy needs of the population (mainly urban in more than 85 %) are satisfied by the imports of oil productions and 90 % of the Djiboutians households use the kerosene as domestic fuel. The cover rate for the electricity network is very low, about 30 %. Only 0,2 % of the electric production (with a total capacity installed of 130 MW) is made from a unique source of renewable energy (the photovoltaic solar energy).

Nevertheless, Djibouti has a great potential for its renewable energy resources. Obtained solar energy potential at photovoltaic solar energy (PV) level is estimated to be 20 000 MWh. At wind energy level, potential estimation is currently 8 MWh and small or big wind turbine cannot be used in the country. At geothermal energy level, the potential technically is estimated to be between 350-650 MWh.

Keywords: *Renewable energy, Solar energy, Wind energy, Geothermal energy, Potential.*

1. GİRİŞ

Cibuti, 1862 ile 1967 yılları arasında Fransız Somali Sahili adı altında eski bir Fransız kolonisiydi. 1967 yılından itibaren T.O.M. (Denizaşırı Toprakları) ismini aldı. Bağımsızlığını ilan ettiği Haziran 1977 tarihinden sonra, Fransız Afars ve Issas Tesisi (TFAI) adı ile anıldı. 1992 yılında değiştirilen anayasa ile çok partili sisteme geçiş yapıldı. Cibuti’de yarı başkanlık sistemli bir cumhuriyet yönetimi benimsenmiş olup, 5 yılda bir yapılan seçimler sonucunda cumhurbaşkanı tarafından atanan bir başkan ve 65 milletvekilinden oluşan bir parlamento tarafından yönetilmektedir.

Kuzeydoğu Afrika’da Umman Denizi’ne bağlı Aden Körfezi ve Kızıldeniz kıyısında bulunan Cibuti Cumhuriyeti, 23.200 km² lik bir yüzölçümüne sahiptir. Ülkenin 314 kilometre kıyısı bulunmakla birlikte, Eritre ile 113 kilometre, Etiyopya ile 337 kilometre ve Somali ile 58 kilometre (toplam 506 kilometre) sınırı vardır. Kıyı şeridi Kızıldeniz’in kuzeydoğusundan başlayarak, ülkeyi doğuda Yemen ve Arap Yarımadası’ndan ayıran Bab-el-Mendab’a kadar uzanmaktadır. Tadjourah Körfezi’nin Cibuti topraklarına kadar uzanan güneydoğusunda Aden Körfezi ve Ghoubbet-Al-Kharrab toprakları bulunmaktadır. Ülke adını taşıyan başkent Cibuti ile beş bölgeden oluşan 6 ademi merkeziyetçi idari tesise sahiptir.

Ülkenin ulusal nüfusu 934 bin kişi olup, bu nüfusun %98’inden fazlasının müslümanların oluşturduğu tahmin edilmektedir (UNDP tahmini, 2007). Ülke nüfusunun %85’inden fazlasının yalnızca başkent Cibuti’de, kalanının ise diğer şehirlerde yaşamaktadır. Nüfusun yıllık büyüme oranının %2,8 olduğu görülmektedir. Toplam nüfusun %54’ünden fazlasını yirmi yaşın altındaki genç nüfus oluşturmaktadır. Ülkede ortalama yaşam süresi 52 yıldır ve doğum oranı 5,6 çocuk/kadın olarak belirlenmiştir. Kadın nüfusunun daha fazla olduğu ülkede aile başına kişi ortalaması 6,7 kişidir. Ülkede iki ana etnik grup vardır. Bunlar; ülkenin kuzey bölgelerinde yaşayan Afarlar ve güney bölgelerinde yaşayan Somaliler ile çoğunlukla Yemen kökenli arap azınlıklarıdır. Arapça ve Fransızca, ülkenin resmi iki dilidir. Ana dilleri ise Somalice ve Afarca’dır.

Kızıldeniz ve Hint Okyanusu arasındaki birleşme noktasında olmasıyla stratejik bir coğrafi konuma sahip olan Cibuti ekonomisinin %80'ninden fazlasını hizmet odaklı işler oluşturmaktadır. Modern limanı ve uluslararası havalimanıyla Cibuti, bölgedeki birçok ülke için uluslararası ticarete geçiş sağlayan ana erişim noktasıdır.

Bugün, Cibuti dünyadaki her türlü ürün için bir serbest ticaret ve ihracat bölgesidir. Ülke sanayisi, GSYİH'nin yalnızca %10'unu oluşturmaktadır. Ülkede 9000 hektar ekilebilir arazi bulunmaktadır. Su sıkıntısı sebebiyle bu arazilerden sadece 400 hektarını sulanabilen tarım arazileri oluşturmaktadır. Suyun mevcudiyeti ile ilgili problemler nedeniyle ülkenin gıda ihtiyacı karşılanamamaktadır. Bu nedenle ülke ihtiyaçlarının çoğu Etiyopya, Yemen, Fransa gibi ülkelerden ithal edilmektedir. Ülkenin ulusal para birimi Cibuti Frangı'dır ve kısaltması DJF'dir. 1973 yılından bu yana, ABD doları kuru sabitlenmiş ve ülke enflasyonu %2 gibi düşük bir oranla sınırlandırılmıştır (1USD = 177,721 DFT sabitlenmiştir). Bankacılık sektörü istikrarlı, para transferleri ücretsiz ve sınırlı değildir.

Cibuti, ülkenin çoğunluğunda hakim olan kurak tropikal bir iklime sahiptir, ancak yüksekliğe ve deniz seviyesine olan mesafeye bağlı olarak değişen iklim farklılıkları da vardır. Cibuti, kışın yaşandığı ekim ve mart ayları arasında kuzey rüzgârları, yazın yaşandığı nisan ve eylül ayları arasında ekvator rüzgârları etkisi altındadır, ancak bu nemli rüzgârların getirdiği yağmurların çoğu Etiyopya dağlarına düşer. Kış aylarında ortalama gündüz sıcaklıkları 25 °C, yaz aylarında 39 °C'dir. Bu kuru iklimdeki aşırı sıcaklıklar, 17 °C ile 53°C arasında değişmektedir. Havanın nemi, sabah 6:30'da %75 iken, saat 12:00'da %63 değerindedir. Enerji açısından bakıldığında, düşük yağış miktarı ve iklimin kuraklığı (indeks 0.054) aşağıdaki iki durumu ortaya çıkarmaktadır:

- Ülkedeki kalıcı su yollarının bulunmaması nedeniyle, hidroelektrik santraller enerji elde edebilmek için bir seçenek değildir.
- Sadece %3 olan zayıf bitki örtüsü nedeniyle, biokütlenin kullanımı çok sınırlıdır. İklimsel ve coğrafi özellikler göz önüne alındığında, kullanılabilen yenilenebilir enerji kaynakları üç tanedir. Bunlar; güneş enerjisi, jeotermal enerjisi ve rüzgâr enerjisidir.

Bu çalışmanın amacı, Cibuti'deki yenilenebilir enerji kaynakları olan güneş enerjisi, jeotermal enerjisi ve rüzgâr enerjilerinin potansiyelini araştırmak ve araştırma sonunda uygun bir sonuç sağlamaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Cibuti Cumhuriyeti'ndeki rüzgâr potansiyelinin ilk ölçümleri, şimdiki adı CERD olan Cibuti Çalışma ve Bilimsel Araştırma Merkezi (ISERST) ile ABD işbirliğiyle 1984 yılında yapılmıştır (VITA-ISERST Projesi, 1983). Bu çalışmalar, başkentteki havaalanının meteoroloji istasyonu ve başkentin 80 km güneybatısındaki Ali Sabieh kentinde gerçekleştirilmiştir.

Jeolojik bir bakış açısına göre, birçok bilim insanı plaka tektoniği teorisindeki plaka hareket mekanizmalarının incelenmesi konusunda etrafı üç büyük sınırla çevrili olan Cibuti'ye ilgi duymaktadır (Barberi ve diğerleri, 1975). Bu durum, yükselen okyanus dalgalarının olduğu Afrika Rift Tesisi'ni önemli hale getirmiştir. Okyanus dalgalanmaları dünyanın sadece iki yerinde bulunur. Bunlardan biri, İzlanda'daki Krafla Rift, diğeri ise Cibuti'deki Assal'dır (Traineau ve diğerleri, 1984).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Çalışmanın ana materyalini; kütüphanelerden elde edilen kaynaklar, konuyla ilgili makale ve tezler, internetten sağlanan veriler, yönetmelikler ve konferanslar oluşturmaktadır.

Ayrıca yurtdışında ve Cibuti’de rüzgâr, güneş ve jeotermal enerjisi yapılan işlerden çekilen fotoğraflar araştırmanın diğer materyallerini oluşturmaktadır.

3.2 Metot

Çalışma, yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş, jeotermal ve rüzgâr enerji potansiyelinin araştırılmasıdır. Bu çalışmada kullanılan araştırma teknikleri şu şekilde sıralanabilir:

- Literatür araştırması: Yazılı, çizili ve görsel kaynaklara ulaşmak, önceki çalışmalara ve yayınlara ulaşmaktır. Bilgi toplama amacıyla yapılmıştır.
- Bilgilerin değerlendirilmesi: Araştırmada elde edilen veriler, oluşturulan tablo ve grafiklerle ifade edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Yenilenebilir Enerji

Yenilenebilir enerji, “enerji kaynağından alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha çabuk bir şekilde kendini yenileyebilen enerji kaynağı” olarak tanımlanmaktadır (Akaydın, 2005). Başka bir tanıma göre yenilenebilir enerji, “doğanın kendi evrimi içinde, bir sonraki gün aynen mevcut olabilen enerji kaynağı” olarak ifade edilmektedir (Uyar, 2004). Yenilenebilir enerjilerin diğer enerji türleri gibi (kömür, petrol, doğalgaz vb.) bitip tükenme gibi riskleri yoktur, sonsuzdurlar. Bu enerji türüne “torunlarımıza kalacak enerji” de denilebilir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarının fosil yakıtlara göre avantajı, çevreyi kirletmemesi, doğaya ve canlılara dost olmasıdır. Buna karşılık dezavantajları da vardır. Coğrafi olarak her yerde bol miktarda bulunmamaktadır; ayrıca yoğun enerji formlarına sahip olmamaları nedeniyle geniş alanlardan toplanmak zorundadır. Ancak daha hızlı gelişmelerinin önündeki en büyük engel, hidro ve rüzgâr enerjisi dışındaki yenilenebilir enerjilerin şimdilik pahalı olmasının yanında, mevcut enerji üretim ve tüketim sistemlerindeki değişikliklere yavaş yanıt veriyor olmasıdır (Altın, 2002).

Yenilenebilir enerji kaynaklarını şu şekilde sıralayabiliriz: Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, biokütle enerjisi, okyanus enerjisi, hidro enerji ve hidrojen enerjisi. Fosil yakıtları esas alan enerji kullanımı; yakıt konusunda dışa bağımlılık, yüksek ithalat giderleri ve çevre sorunları gibi önemli olumsuzlukların yanında, dünya fosil yakıt rezervlerinin hızla tükenmesi sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini arttırmaktadır (Kumbur ve ark., 2005). Yenilenebilir enerji kaynakları, sürekliliği nedeni ile sürdürülebilir olmasının yanında, dünyanın her ülkesinde bulunabilmesi ile de büyük önem taşımaktadır. Ayrıca çevresel etkileri, yenilenemeyen enerji kaynaklarına oranla çok azdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı, mevcut teknik ve ekonomik sorunların çözülmesiyle 21. yüzyılın en önemli enerji kaynağı olacağı kabul edilmektedir (Kumbur ve ark., 2005).

4.1.1 Güneş enerjisi

Güneş enerjisi; güneşten gelen ve dünya atmosferi dışında şiddeti sabit ve 1370 W/m^2 olan ve yerin yüzeyinde $0-1100 \text{ W/m}^2$ değerleri arasında değişen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Isıtmadan soğutmaya ve elektrik üretiminde kontrollü olarak kullanılabilir. Güneş enerjisinden elektrik üretimi, doğrudan dönüşüm ve dolaylı dönüşüm olmak üzere iki ayrı yöntemle gerçekleştirilir Güneş enerjisi günümüzde: konutlarda ve iş yerlerinde, tarımsal teknolojide, sanayide, ulaşım araçlarında, iletişim araçlarında, sinyalizasyon ve otomasyonda, elektrik enerjisi üretiminde kullanılmaktadır (Kumbur ve ark., 2005).

Aslında, güneş enerjisi olarak bilinen şey, Dünya tarafından yakalanan güneş enerjisinin (%45) elektromanyetik radyasyon şeklinde olan kısmıdır. İkincisi tarafından sağlanan enerjinin geri kalanı (%55) ya doğrudan uzaya yansır (%30), atmosfere dönüştürülür ya da fotosentez için kullanılır (%25), dolayısıyla diğer kaynaklara yol açar. Rüzgâr, su gücü veya biokütle gibi. Ek olarak, karboniferlerin yemyeşil bitki örtüsünün kalıntıları olan fosil yakıtların, dolaylı olarak güneşten türetilmiş olduklarını belirtmek gerekir. Güneş enerjisi Dünya'daki en bol kaynaktır.

4.1.1.1 İklimsel özellikler

Cibuti Cumhuriyeti'nin iklimi dünyanın en sıcakları iklimleri arasındadır. Ülkenin iklim döngüsü iki büyük mevsime ayrılır: Alize rüzgârlarına bağlı serin mevsim, Ekim ayının başından nisan ayının sonuna kadar devam eder. Nemli rüzgârları Hint Okyanusu'ndan veya Suudi Arabistan'ın güneyinden gelir. Kuzeydoğudan güneydoğu'ya eser ve bazen yağmur getirir. Sıcak mevsim, haziran, temmuz ve ağustos aylarında üç ay boyunca sürer. Bu dönemde, Khamsin dağlarının, Etiyopya dağlarının içlerinden gelen şiddetli batı rüzgârları esmektedir. Kuru ve sıcak olan bu rüzgâr, sıcaklığı $47 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar yükseltebilir. Geceleri sakinleşir ve ardından hafif bir deniz meltemi ile değişebilir.

Hem Haziran ayında Khamsin'e gelmeden önce batıdan gelen karasal bir rüzgâr, aynı zamanda kuru ama daha az sıcak bir rüzgâr gelir. Sabo, mayıs ve eylül ayları, kıyılarda denizin buharlaşmasından dolayı çok nemli bir sıcaklık olan geçiş aylarıdır. Yüksek nem ve rüzgâr eksikliği bu mevsimi zorlaştırır, çünkü artık terleme ve buharlaşma olmamaktadır. İki mevsim arasındaki sıcaklık farkları $23 \text{ }^\circ\text{C}$ ile $40 \text{ }^\circ\text{C}$ arasındadır. Yıllık ortalama sıcaklık $29.8 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Bu dönemde yağışlı mevsim yoktur. Yağmurlar,

doğu yarısında veya batı yarısında rakım ve konuma bağlı olarak ülke genelinde farklı şekilde alanlara dağılmıştır. Yağmur nadirdir ve yağmur yağdığına, şiddetli sağanak yağışlar şeklinde ve bazen tahribata neden olan ve sağanıklara dönüşen kısa süreler şeklindedir; bu durumda şehirler sular altında kalabilir. Kıyıda, yağışlar genellikle soğuk mevsimde, ülkenin içinde ise sıcak mevsimde görülür. En çok yağmur alan bölgeler, kuzey ve güney dağ sıralarının doğu tarafındaki rakımlı bölgelerdir.

Sonuncu iklim değişikliği ise, sadece sıcaklık verilerini (extrema), bağıl nemi, güneşlenme süresini ve rüzgâr yönünü toplamaktadır. Çizelge 4.1, bu rakamların 1992-1996 yılları arasındaki değişimleri göstermektedir.

Çizelge 4.1: Cibuti’de toplanan temel meteorolojik verilerin aylık ortalamaları (1992-1996).

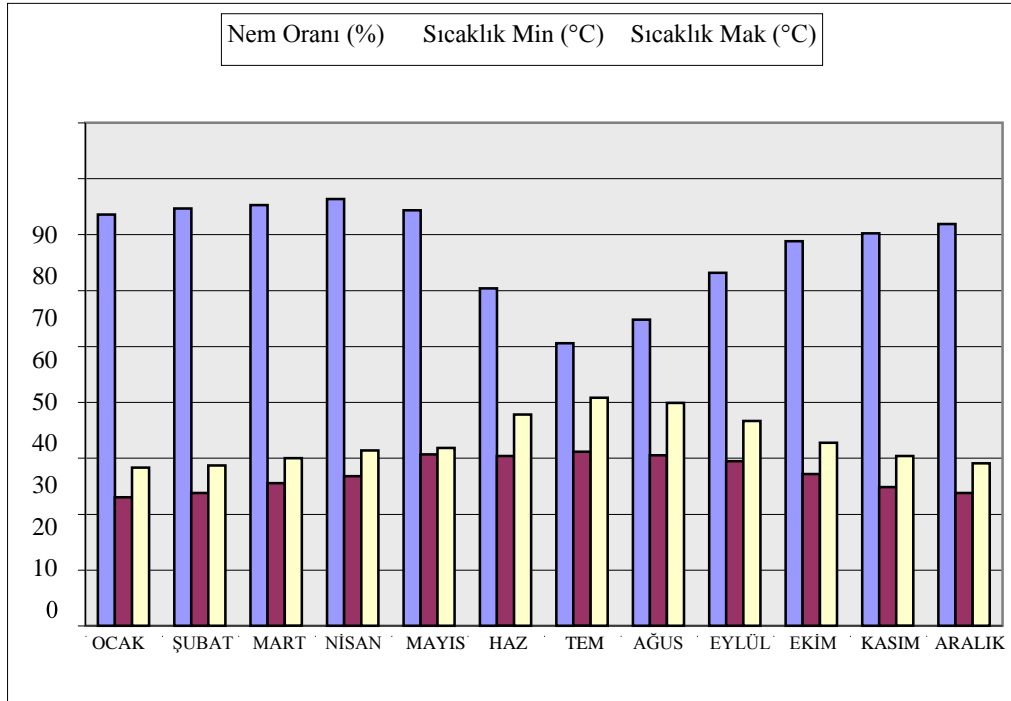
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
1992	Nem Oranı (%)	72,9	73,3	74,4	75,6	74	63,1	52,4	43,8	67,2	69,1	69,4	75,3
	Güneş Çarpması (S)	259	206	251	281	324	284	242	283	307	294	297	249
	S Min (°C)	23	24,7	25,2	26,5	28,1	29,8	31,4	30,2	29,3	27	25	24,7
	S Max (°C)	28,3	29,2	29,8	30,6	33,9	37,6	40,6	40,1	36	32,7	30,6	29,5
	Nem Oranı (%)	75,2	77,1	75,8	76,6	76,8	64,2	53,3	61,2	67,1	70,7	69,8	70,9
1993	Güneş Çarpması (S)	203	194	281	241	301	304	286	262	288	300	312	310
	S Min (°C)	23,8	23,3	24,6	25,7	27,8	30,2	30,9	30,4	29,7	27,7	24,9	23,3
	S Max (°C)	28,2	28,2	29,8	31,3	34	37,3	40,8	38,5	37,8	33,2	30,8	29,2
	Nem Oranı (%)	70,6	72,6	75,8	77	75,3	56,2	48,9	56,6	57	70,2	74,2	72
	Güneş Çarpması (S)	314	271	267	305	326	249	234	255	292	322	272	299
1994	S Min (°C)	22,2	23	25,4	26,8	28,7	31	31,1	30	28,3	26,2	24,8	23,4
	S Max (°C)	28,3	28,4	29,8	31,4	34	39,6	40,8	39,6	35,8	31,5	30	29,3
	Nem Oranı (%)	73,3	74,3	75,4	76,5	73,7	58,1	49	56,3	60,5	68,1	70,6	71
	Güneş Çarpması (S)	284	271	274	302	316	247	246	265	293	308	276	292
	S Min (°C)	22,5	24,2	25,9	27,4	33,8	29,6	31,2	30,7	29,6	27	24,5	24,1
1995	S Max (°C)	28,3	28,9	30,1	31,4	29,5	36	41	41	36,7	32,9	30,1	28,4
	Nem Oranı (%)	76	76	75	76	72	60	49	56	64	66	67	70
	Güneş Çarpması (S)	254	270	280	298	306	245	259	275	294	293	280	285
	S Min (°C)	23,3	23,3	26,3	27,3	34,8	31,1	31	31	30,1	27,6	24,8	23,2
	S Max (°C)	28,3	28,5	30,4	31,9	27,6	38,4	40,5	39,9	36,8	33,1	30,2	28,6
1996													

Kaynak: Ulusal Meteoroloji Servisi

İklim verilerini yorumlamak için mutlak ortalamada ifade edilen (Çizelge 4.2) sonra grafik biçiminde gösterilen değerler (Şekil 4.1):

Çizelge 4.2: Cibuti’de ana iklim verilerinin aylık ortalamaları

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağu	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Nem Oranı (%)	73,6	74,66	75,28	76,34	74,36	60,32	50,52	54,78	63,16	68,82	70,2	71,84
Güneş Çarpması (S)	262,8	242,4	270,6	285,3	314,6	265,8	253,3	268,2	294,5	303,3	287,4	287
Minimum Sıcaklık (°C)	22,96	23,7	25,48	26,74	30,64	30,34	31,12	30,46	29,4	27,1	24,8	23,74
Maksimum Sıcaklık (°C)	28,28	28,64	29,98	31,32	31,8	37,78	40,74	39,82	36,62	32,68	30,34	29



Şekil 4.1: Cibuti’de bağıl nem ve aşırı sıcaklıkların aylık ortalamalarının grafiksel gösterimi.

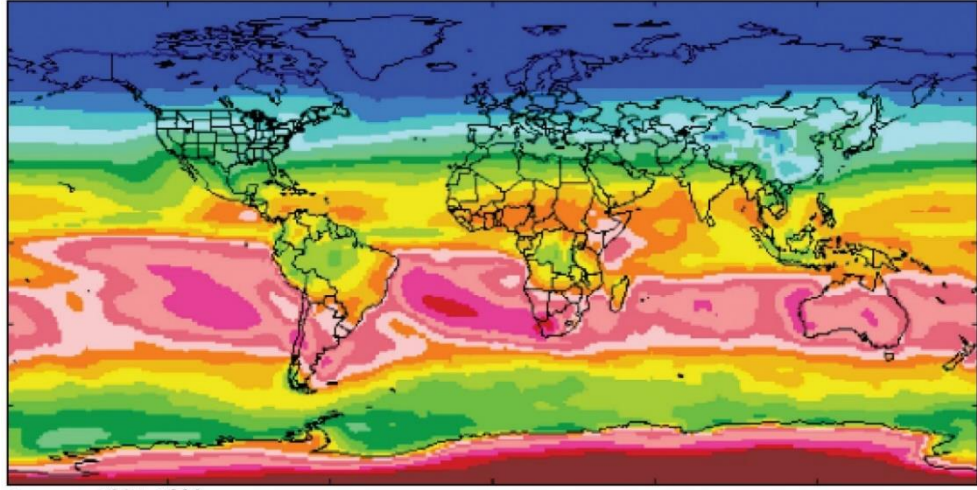
Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1 içerisinde 1992 ile 1996 yılları arasındaki güneşlenme süresinin, maksimum ve minimum sıcaklıkların, bağıl nemin ölçülen aylık ortalama verileri dikkate alındığında, güneşlenme süresi Mayıs ayında en fazla, Şubat ayında en düşüktür. Maksimum ve minimum sıcaklık ortalamaları Temmuz ayında en fazla, Ocak ayında en düşüktür. Nem oranı Nisan ayında en fazla, Temmuz ayında ise en düşüktür. Sıcaklık verilerinin ortalaması, en düşük olduğu Ocak ayından Temmuz ayına kadar sürekli olarak artarken, Temmuz ayından Ocak ayına kadar olan sürede

sürekli olarak azalmaktadır. Nem oranı ise, en düşük olduğu Temmuz ayından başlayarak Nisan ayına kadar sürekli olarak artarken, Mayıs ve Temmuz ayları arasındaki dönemde düşer. Ayları döneminde ölçülen sıcaklık verileri ile nem oranlarının sürekli artış gösterdiği, Nisan-Temmuz ayları döneminde sıcaklık verilerinin arttığı ve nem oranlarının azaldığı, Temmuz-Ocak ayları arasında ise sıcaklık verilerinin azaldığı ve nem oranlarının arttığı görülmektedir. Bu durumda, sıcaklık verileri ile nem oranları arasında Ocak-Nisan ayları arasındaki dönemde doğru bir orantı, Nisan-Temmuz ayları ve Temmuz-Ocak ayları arasındaki dönemde ters bir orantı olduğu söylenebilir. Ayrıca, 22.96 °C ile en düşük sıcaklığın Ocak ayında, 40.74 °C ile en yüksek sıcaklık Temmuz ayında olduğu görülmektedir ve yıllık sıcaklık ortalaması ise 29.8 °C'dir. Diğer taraftan, Çizelge 4.2'deki aylık ortalama güneşlenme sürelerinin toplamı yıllık ortalama güneşlenme süresini vermektedir. Buna göre yıllık ortalama güneşlenme süresi 3335 saattir.

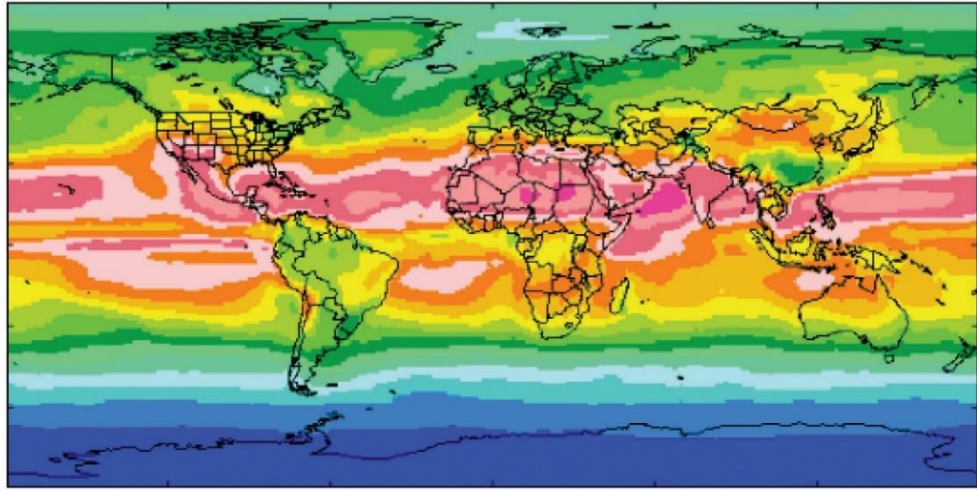
4.1.1.2 Güneş potansiyelinin tahmini

Genel bir bakış açısına göre, bir saat içinde, dünyanın yakaladığı güneş enerjisinin bir yıl boyunca dünyanın enerji ihtiyaçlarını karşılayabilecek kadar olduğu tahmin edilmektedir.

Küresel Güneş Haritası (Şekil 4.2), Cibuti Cumhuriyeti'nin uygun bir bölgede olduğunu, NASA tesisinin sağladığı küresel güneş ışınım rakamlarının 5,5 ile 7,5 kWh/m² gün arasında olduğunu göstermektedir.



January 1984-1993



April 1984-1993



Şekil 4.2: Küresel güneş haritalaması

Kaynak: NASA web sitesi

Bu küresel haritacılık bize kışın yaz aylarında olduğu gibi gözlenen güneş ışınımının değerlerinin çok yüksek olduğunu, dolayısıyla güneş alanının bol olduğu bir alan olduğunu göstermektedir. Ülkede bulunan uzun vadeli ayrıntılı güneş ışınımı ölçümleri, bir Rus merkezi olan Dünya Radyasyon Veri Merkezi (WRDC) web sitesinde bulunan değerlerdir. Bu ölçümler muhtemelen uydu ile yapılmıştır. Bunlar Çizelge 4.3 içerisinde sunulmuştur.

Çizelge 4.3: Günlük küresel ışınlatma ortalaması (kWh/m²/gün).

Gün	Ay	Ocak	Şub	Mart	Nisa	May	Hazı	Tem	Ağu	Eylül	Ekı	Kası	Ara
1		5,11	5,44	6,21	7,35	7	6,51	7,41	7,48	5,85	6,46	6,09	5,18
2		5,12	5,92	6,1	6,07	7,05	6,53	6,8	7,52	6,17	6,35	6,07	5,59
3		5,23	5,05	6,44	6,84	7,07	6,52	6,18	6,21	5,91	6,2	6,11	5,26
4		5,71	5,01	5,94	7,23	6,22	6,06	5,9	5,79	6,08	6,44	5,81	4,62
5		5,98	5,30	6,36	6,26	4,76	6,29	4,41	4,44	6,5	6,08	5,53	5,59
6		5,5	6,28	6,15	6,36	4,01	6,4	6,75	6,35	6,32	6,03	5,94	5,05
7		5,46	6,41	6,91	5,78	6,37	6,5	6,25	6,3	6,1	6,69	5,49	4,68
8		4,94	6,11	6,69	7,29	2,92	6,46	7,07	6,5	6,97	5,91	5,91	4,75
9		3,61	6,06	6,72	7,32	5,28	6,84	6,67	6,55	7,5	6,48	6,48	5,49
10		5,3	5,98	6,67	5,43	6,53	7,43	7,45	5,92	4,34	6,55	6,32	5,16
11		5,07	5,64	6,81	3,99	6,55	6,89	7,84	6	6,56	6,73	6,46	5,46
12		4,53	5,36	6,8	7,75	6,13	6,66	7,07	6,66	7,04	6,67	6,18	4,87
13		5,28	6,53	6,94	7,17	6,97	6,24	6,07	6,7	7,29	5,82	5,53	4,65
14		5,9	6,45	6,7	7,08	7,01	6,44	6,16	5,92	4,97	6,39	5,04	4,55
15		6,21	6,95	7,17	7,05	6,98	6,51	6,51	5,89	6,71	7,31	5,79	5,28
16		6,13	4,76	6,74	6,82	6,75	6,45	6,07	5,94	6,38	7,17	5,87	4,84
17		5,92	6,44	5,75	6,68	7,09	5,6	7,4	7,09	2,77	6,59	6,07	4,59
18		6,21	6,22	7,08	6,95	7,16	6,12	7,43	6,17	6,1	6,65	6,21	4,29
19		6,22	4,87	6,67	7,07	6,83	6,07	7,07	6,93	6,07	6,54	6,35	4,08
20		5,4	6,45	6,98	6,88	7,03	6,27	6,64	6,29	5,38	6,47	6,13	5,13
21		5,71	6,42	6,12	5,86	7	6,35	7,6	6,06	6,34	6,49	6,12	3,41
22		5,7	6,67	5,77	6,58	6,75	6,24	8,05	6,27	5,19	6,66	5,64	4,05
23		5,07	6,83	7,13	5,69	6,6	6,1	6,27	5,91	6,98	6,29	6,1	5,16
24		3,84	6,61	7,19	3,16	6,56	5,97	7,08	6,84	6,78	6,07	5,84	5,69
25		2,83	6,48	5,82	6,86	6,58	5,97	6,37	7,23	6,42	6,03	5,71	6,19
26		4,09	6,07	6,73	6,47	6,69	6,19	7,11	6,42	7,23	6,03	5,63	5,99
27		4,97	5,96	6,52	6,25	6,62	6,27	5,51	6,42	7,06	5,66	5,44	6,18
28		5,63	6,25	5,72	5,34	6,28	6,02	7,1	5,67	7,14	6,05	5,68	5,64
29		5,86		6,88	4,24	6,34	5,96	7,52	6,12	6,87	6,13	5,41	4,67
30		5,85		6,42	8,16	6,61	6,22	7,1	4,8	7,36	5,99	5,56	5,25
31		6,05		6,82		6,57		7,33	5,62		5,98		5,3
Irradaition Ort. Gün. (kWh/m ² gün)		5,30	6,02	6,55	6,40	6,40	6,34	6,78	6,26	6,28	6,35	5,88	5,05

Kaynak: Dünya Radyasyon Veri Merkezi web sitesindeki veriler

Bu çizelgeye göre yıllık ortalama 6.14 kWh /m² gün olarak bulunmaktadır.

Ortalama olarak 2240 kWh/m² yıl güneş enerjisi potansiyeli verir. Kesinliği belirlemek için, burada, bu verilerin güvenilirlik derecesini doğrulamak için, NASA'nın internet sitesinde bulunan NASA web sitesinde sağlananlar ile karşılaştırılmıştır. Görünüşe göre, aynı değerleri vermektedir. Son olarak, bu veriler 1984 ile 1993 yılları arasındaki on yıllık bir süre boyunca ölçülen ortalamalardır. Ülke, birim alan başına ortalama 6.14 kWh eşdeğer günlük enerji alır. Ülkenin alanı 23.200 km² veya 2,32.10¹⁰ m² olduğundan günlük alınan enerjinin denklemi şöyledir:

$$E_1 = 2,32.10^{10} \times 6.14 = 142,448 \text{ GWh} \quad (4.1)$$

Bu enerjinin yalnızca %13'ünün (monokristal fotovoltaik hücreler) geri kazanılmasını sağlayan mevcut teknoloji seviyesi dikkate alındığında, ülke aşağıdaki gibi bir eşdeğer günlük enerji alır:

$$E_2 = 142,448 \times 0.13 = 18,518 \text{ GWh} \quad (4.2)$$

Bugün ülkede tüketilen yıllık elektrik enerjisi ile karşılaştırıldığında (2006'da 227 GWh), mevcut güneş enerjisi potansiyeli mevcut yıllık tüketimin 80 katından fazladır. Başka bir deyişle, güneş Cibuti'nin yıllık elektrik ihtiyacının günde 80 katından fazlasını karşılayabilir. Bu nedenle ülkenin güneş enerjisi konusunda büyük bir potansiyeli bulunmaktadır.

Cibuti Cumhuriyeti kapsayan şehri ve bölgelerinin Enerji Potansiyelleri şöyledir:

- Birim alan başına ortalama günlük enerji: 6.14 kWh/m²
- Monokristal fotovoltaik hücreler verimliliği: % 0.13

1- Cibuti şehri

Nüfus: 570 000 kişi

Yüzölçümü: 630 km²

$$E_a = 630 \times 6.14 \times 0.13 = 502,866 \text{ GWh}$$

2- Ali-Sabieh Bölgesi

Nüfus: 102 618 kişi

Yüzölçümü: 2400 km²

$$E_b = 2400 \times 6.14 \times 0.13 = 1,915 \text{ GWh}$$

3- Tadjourah Bölgesi

Nüfus: 102 329 kişi

Yüzölçümü: 7300 km²

$$E_c = 7300 \times 6.14 \times 0.13 = 5,826 \text{ GWh}$$

4- Obock Bölgesi

Nüfus: 44 678 kişi

Yüzölçümü: 5700 km²

$$E_d = 5700 \times 6.14 \times 0.13 = 4,549 \text{ GWh}$$

5- Dikhil Bölgesi

Nüfus: 104 977 kişi

Yüzölçümü: 7200 km²

$$E_e = 7200 \times 6.14 \times 0.13 = 5,747 \text{ GWh}$$

6- Arta Bölgesi

Nüfus: 50 017 kişi

Yüzölçümü: 18 km²

$$E_f = 18 \times 6.14 \times 0.13 = 14.367 \text{ GWh}$$

Ülke'nin toplam güneş enerji potansiyellerinin kapasitesini şöyledir:

$$E_{\text{Toplam}} = E_a + E_b + E_c + E_d + E_e + E_f = 18,554 \text{ G Wh}$$

Cibuti'de, güneş enerji konusunda bakıldığında yeterince büyük bir miktar bulunmaktadır.

4.1.1.3 Kırsal bir okulun fotovoltaik güneş enerjisinin elektrifikasyonu



Şekil 4.3: Gued-Qarweyné Devlet İlköğretim Okulu

Kaynak: ADED, 2007

- İlkokulun tanımı

Bu okul 4 ayrı bloktan oluşmaktadır (şekil 4.4). Her bloğun elektrikli ekipmanı, Çizelge 4.4 ile 4.9 arasında aşağıdaki tablolarda verilmiştir:

Blok I: 3 sınıf, bir yönetici odası ve depo odasından oluşmaktadır.

Çizelge 4.4: Blok I ekipmanı

	Neon lambalar	Hava bira	Television	Boombox
Sınıf 1	5	4	-	-
Sınıf 2	5	4	-	-
Sınıf 3	5	4	1	1
Müdür Ofisi	1	1	-	-
Depo	1	-	-	-
Koridor	3	-	-	-

Blok II: Okulun idari personeli için ayrılan iki konuttan oluşmaktadır. Biri bu okulun müdürü, diğeri öğretmenler tarafından yaşanan lojmandır.

Çizelge 4.5: Müdür lojmanı

	Neon Lambalar	Hava bira	Television	Boombox	Uydu alıcısı
Oda 1	1	1	-	-	-
Oda 2	1	1	-	-	-
Salon	2	1	1	1	1
Müdür ofisi	1	1	-	-	-
Depo	1	-	-	-	-
Koridor	3	-	-	-	-

Çizelge 4.6: Eğitim lojmanı

	Neon Lambalar	Hava bira	Television	Boombox	Uydu alıcısı
Oda 1	1	1	-	-	-
Oda 2	1	1	-	-	-
Salon	2	1	1	1	-
Müdür ofisi	1	1	-	-	-
Depo	1	-	-	-	-
Koridor	3	-	-	-	-

Blok III: Kütüphaneden ve yemekhaneden oluşur.

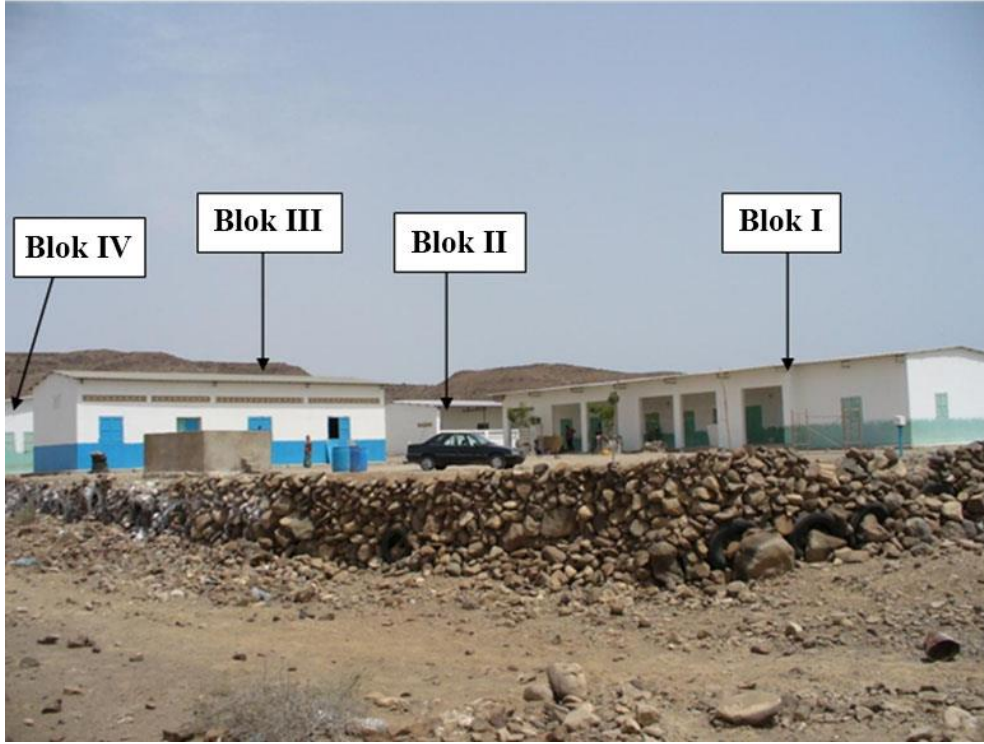
Çizelge 4.7: Blok III ekipmanı

	Neon Lambalar	Hava bira	Television	Boombox	Uydu alıcısı
Kütüphane	4	2	-	-	-
Yemekhane	2	2	-	-	-

Blok IV: Bu bölüm; biri kızlar, diğeri erkekler için ayrılmış iki yataktan oluşmaktadır.

Çizelge 4.8: Blok IV ekipmanı

	Neon Lambalar	Hava bira	Televisoin	Boombbox	Uydu alıcısı
Yurt kız	2	2	-	-	-
Çocuk yurdu	2	2	-	-	-



Şekil 4.4: Okulun görünümü ve tanımı

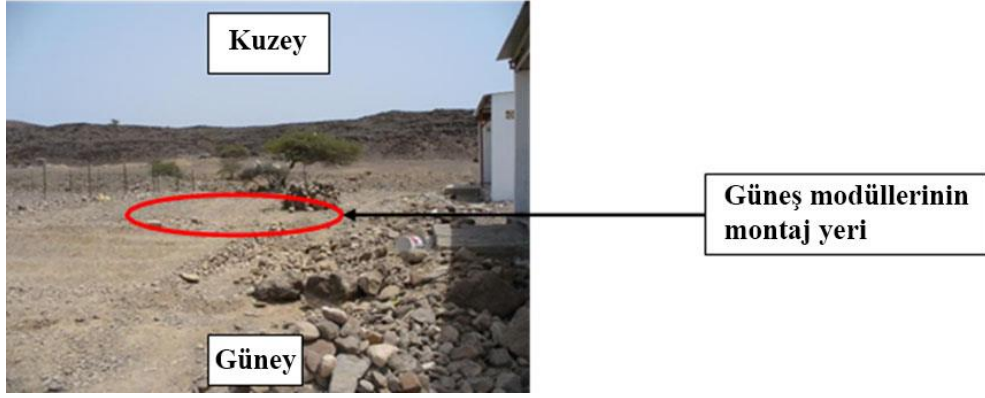
Kaynak: ADED, 2007

- Ölçümleme

Kanada Fonu düzeyinde mevcut sınırlı fonlar aracılığıyla, yalnızca bu okulun I ve II Blokları (sınıflar ve lojmanlar) olan öncelikli bloklar ölçülmüştür.

- Güneşlik ve tıkanma fenomenleri

Bölgenin güneşliklerinin ön incelemesi yapılmıştır. Bu çalışmaya göre, bölgenin topografyası (okulun etrafındaki birkaç dağ) göz önüne alındığında, güneşliklerin etkisi pratikte göz ardı edilmiştir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Seçilen yerin görünümü

- Enerji ihtiyacı tahminleri

Bu yapının günlük ihtiyaçlarını tahmin etmek için, okul yöneticilerine mevcut günlük elektriksel ihtiyaçları ve ihtiyaç duydukları elektriksel donanımın yanı sıra, bu ekipmanın optimum kullanım koşulları hakkında da sorular sorulmuştur. Bu okul için günlük enerji ihtiyacının tahmini, Çizelge 4.9'da özetlenmiştir.

Çizelge 4.9: Günlük ihtiyaçlar

Tip ekipman		Gün sayısı	Güç birimse (W)	Toplam güç (W)	Kullanım (s/gün)	Enerji (Wh)
Sınıflar	Neon lambalar	20	20	400	6	2400
	Hava bira	13	40	520	8	4120
	Televizyon	1	85	85	4	340
	Boombbox	1	35	35	2	70
Konut	Neon lambalar	16	20	320	6	1920
	Hava bira	6	40	240	12	2880
	Televizyon	1	85	85	7	595
	Boombbox	2	35	70	4	280
	Uydu kod çözücü	1	15	15	7	105

Günlük toplam enerji ihtiyacı B_j 12,710 Wh olarak tahmin edilmektedir.

$$B_j = 12,710 \text{ Wh} \quad (4.3)$$

Not: Sınıflar yetişkin okuryazarlığı programı kapsamında yıl boyunca kullanıldığı için bu konu da dikkate alınmıştır.

- Yapılacak kurulumun tahmini gücü

Güneş modüllerinin toplam gücünü tahmin etmeden ve kurulacak panellerin dışındaki

tüm güneş enerjisi donanımlarını seçmeden önce, ikincisinin performansını bilmek için devam etmek gereklidir. Yerel pazarda mevcut olan güneş ekipmanlarına baktıktan sonra, tüm ekipmanı yurtdışına sipariş etmek zorunda kaldığı anlaşılmıştır. Hem donanımın kalitesi hem de mevcut fonlar bazında aşağıdaki seçimler yapılmıştır:

- Güneş panelleri

Çin’de yapılan monokristal model SUNTECH STP060S-12 / Bb-

- Güneş pilleri

Sabit model jel SU-KAM 200 AH / 12V Hindistan’da üretilmiştir.

- İnvertör

Japonya’da yapılan Model CHIKO DC-AC Otomatik 2000 Va / 24Vdc / 230Vac

- Şarj regülatörü

Almanya’da yapılan 60A/24V ile XANTREX C60 modeli

Kurulum gücünü belirlemek için aşağıdaki formülü kullanılmaktadır (Solar fotovoltaik pratik rehberi, Jean- Paul Louineau, 2005):

$$P = \frac{B_j}{I_r \times \eta \times \rho} \quad (4.4)$$

ile:

- P = Watt tepe noktasına (W_c) takılacak güneş modüllerinin gücü
- B_j = günlük ihtiyaçların günlük Watt saat cinsinden tahmini (Wh/g)
- I_r = günde metrekaare başına kiloWatt-hour cinsinden 10 yıl boyunca hesaplanan yıllık ortalama küresel güneş radyasyonu (kWh/m²/d)
- ρ = Pil verimliliği
- r = dönüştürücülerin verimliliği

Söz konusu alan için ortalama yıllık küresel güneş radyasyonu ölçülmediğinden, Çizelge 2.3’deki radyasyon değerleri kullanılacaktır. En kötü ayın değeri Aralık ayında alınmıştır: $I_r = 5.05 \text{ kWh/m}^2 / \text{d}$. Akülerin performansı için, üreticilerin verdiği sayı dikkate alınmalıdır, bu model için %80 değeri: $\eta = 0.8$ ’dir.

Dönüştürücülerin bu model için %90 değeri: $\rho = 0.9$ 'dur.

Formülün (4.4) uygulanması aşağıdaki sonuçları verir:

$$P = \frac{12,710}{5.05 \times 0.8 \times 0.9}$$

$$P = 3,496 \text{ Wc} \quad (4.5)$$

- Pillerin toplam kapasitesinin tahmini

Pillerin kapasitesi aşağıdaki formülle belirlenir:

$$C = \frac{B_j \times A_j}{D_d \times U_{cc}} \quad (4.6)$$

ile:

- C = akülerin amper saat (Ah) cinsinden kapasitesi.
- A_j = istenen pil ömrünün gün sayısı.
- D_d = aküler için boşalma derecesi.
- U_{cc} = DC Volt'ta akü voltajı (VDC).

Bu okulun büyüklüğü göz önüne alındığında, uygulanacak güneş sisteminin 24 VDC'de çalışacağı tahmin edilmektedir. Bataryaların özerkliği için, bölgenin iklim özellikleri dikkate alınmalıdır. Yıllık ortalama güneş alma durumu: 3335 saat (Cibuti hava durumu). Burada başka bir faktör devreye girmektedir, bu projeye tahsis edilen sınırlı bütçeye dikkat çekilmelidir. Bu durum gün sayısını azaltmaktadır. Bu yüzden depolama alanını sınırlandırmak sadece 2 gün sürmektedir:

Özerklik (gün olarak): $A_j = 2$

Pillerin boşalma düzeyi, pillerin ömrü ile ters orantılı olduğu için, alanın uzaklığı ve bu okul için bir bakım programının bulunmaması nedeniyle, uzun ömürlülük kriteri verilmelidir. Dolayısıyla % 50 değerinde alınmıştır.

Pillerin boşalma düzeyi (veya oranı): $Dd = 0.5$

Formül (4.6)'nın uygulanması aşağıdaki sonuçları verir:

$$C = \frac{12,710 \times 2}{0.5 \times 24} = 2,118 Ah$$

$$C = 2,118 Ah \quad (4.7)$$

- Pil sayısının seçimi

Sistem voltajı 24 VDC olduğundan, takılacak güneş pili sayısı, ikincisinin birim kapasitesine bağlı olacaktır. Su-Kam marka 200 Ah / 12V contalı jel elektrolit bataryaları seçilmiştir. Takılacak pil sayısı (Nb) aşağıdaki gibidir:

$$Nb = 2118 Ah / 200 Ah = 10.6$$

Sistemin seri bağlanmış akü sayısının (24V = eşleştirilmiş akü sayısı) dayattığı voltaj, bu nedenle 200 Ah / 12V'luk 12 akü alması tercih edilir. Devrede oluşabilecek olası kayıpları hesaba katmak için biraz fazla büyük harf kullanılması da önerilir.

$$Nb = 12$$

- Güneş modüllerinin sayısının seçimi

Güneş modülleri için, bu model için önerilen bir promosyon nedeniyle 60 Wc / 12V modüller zorunlu olarak alınmıştır. Gereken güneş modüllerinin sayısı (Nm) aşağıdaki gibidir:

Güneş modülleri için, bu model için bir promosyon nedeniyle bilinçli olarak 60 Wc / 12V modüle sahip oldu. Gerekli olan güneş enerjisi modüllerinin sayısı (Nm) aşağıdaki gibidir:

$$Nm = 3,496 Wc \div 60 Wc = 58.3$$

Bu yüzden, sistem için önceden sabitlenmiş olan gerilim (24V) nedeniyle 60 Wc / 12V'luk 60 güneş modülü seçilmiştir.

$$Nm = 60$$

Söz konusu okulda kurulacak modüllerin toplam gücü aşağıdadır:

$$Pt = 60 \times 60 = 3,600 Wc \quad (4.8)$$

- Şarj kontrol cihazının boyutlandırılması

Düzenleyicinin boyutlandırılmasında iki kısıtlama göz önünde bulundurularak yapılır:

- 1. Fotovoltaik modüller tarafından üretilen maksimum kısa devre yoğunluğuna (I_{scm}) dayanmalıdır:

- $I_{scm} = I_{sc} \times N_m$

ile:

- I_{sc} : Her modülün kısa devre akımı
- N_m : paralel olarak monte edilen modüllerin sayısı

- 2. Doğrudan beslenen tedarik edilen tüm DC alıcılarının (I_{nm}) anma akımına dayanmalıdır:

$$I_{nm} = \sum I_n$$

ile:

I_n : Her alıcının nominal yoğunluğu

Bu durumda, kurulan güneş sistemi alternatif akımda çalışır. Regülatör yalnızca 1. kısıtlamaya göre boyutlandırılacaktır.

Kullanılacak modüller SUNTECH STP060S-12 / Bb modülleri olup, üretici tarafından sağlanan kısa devre akımı 3.85 A'dır. Kurulu modüllerin sayısı 60 olup voltaj dikkate alınarak 60 24 VDC olan sistemimizde aşağıdaki konfigürasyona sahip olacağız: 2 modülden oluşan 30 paralel seri olmalıdır:

$$I_{scm} = 3.85 \times 30 = 105.5 \text{ A}$$

Böyle bir maksimum yoğunluk olması nedeniyle, güneş enerjisi tesisini iki alana ayırmak gerekmekte olduğundan her bir alan aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$I_{scmax} = 52.75 \text{ A} \quad (4.9)$$

Bu nedenle, 2 dizeye bölünmüş 30 güneş modülünün her alanı için 60A / 24V'lık bir regülatör, yani bu kurulum için toplam 2 adet 60A / 24V'lık regülatör boyutlandırılmış kurulum için seçilen iki düzenleyici (konvertör), XANTREX C60 Alman ürünü otomatik düzenleyicileridir (konvertörlerdir).

- Konvertörün ölçülenmesi

Evirici (ya da DC-AC çevirici olarak da adlandırılır) boyutlandırılmalı, böylece gücü (AC cinsinden) güç alacağı aygıtların toplam gücünün en az iki katı olmalıdır.

İdeal olarak, sürücünün gücü, kurulu güneş modüllerinin toplam gücünün (W , watt olarak ifade edilir) toplam gücünün %95'ine eşit olmalıdır.

Bu durumda elektrikli ekipmanın toplam nominal gücü aşağıdaki değere eşittir:

$$P_{nt} = \sum P_n$$

$$P_{nt} = 1,770 \text{ W} \quad (4.10)$$

P_o invertörünün gücü:

$$P_o = 2 \times 1,770 = 3,540 \text{ W}$$

$$P_o = 3,540 \text{ W} \quad (4.11)$$

İdeal olarak aşağıdaki değer elde edilmelidir:

$$P_o = 0.95 \times 3600 = 3,420 \text{ W}$$

İki boyutlandırma metodu pratik olarak aynı sonuçları verir, ikinci yöntem birçok fotovoltaik boyutlandırma yazılımında (PVsyst, RETScreen, Solo 2000, ... vb.) kullanılır.

Bir yandan, bu durumda oldukça düşük gözüken genişleme katsayısı (tüm cihazların aynı anda bağlanma olasılığı) göz önüne alındığında, ikincisi, yerel pazarda bulunmaması, inverterler ve mevcut finansal araçlar aşağıdaki özelliklere sahip bir inverter seçmek zorunda kalınmıştır:

- Saf CHIKO sinüzoidal dönüştürücü (konvertör)
- Giriş gerilimi: 24Vdc (doğru akım)
- Çıkış gerilimi: 230Vac (alternatif akım)
- Güç: 2000 VA

Mutlak olarak, inverterin bu gücü yeterlidir, dönüştürücü için aşağıdaki değerlerin alınması gereklidir:

$$P_o = 2000 \text{ W}$$

- Kabloların ölçümlenmesi

Kabloların kesitleri ve uzunlukları güneş sisteminin verimliliğine müdahale eder. Sistemimizin tasarımında indüklenen voltaj düşüşleri hesaplanarak dikkate alınmalıdır.

Gerilim düşümü U_{ab} aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$U_{ab} = L_c \times R \times I \quad (4.12)$$

ile:

L_c = kablo uzunluğu

R = kablonun elektriksel direnci

I = kabloda akan nominal akım

Bütün kablolar bakır kaplı olmalıdır, değişik kabloların değişik elektrik rezistansı aşağıdaki Çizelge 4.10'da verilmiştir:

Çizelge 4.10: Kullanılan elektrik kablolarının ohmik rezistansı

Bölüm (mm ²)	1	1,5	2,5	4	6	10	16
D (Ω/m)	0,04	0,0274	0,01642	0,01018	0,00678	0,0039	0,00248

İşte bu farklı kabloların özellikleri:

- Güneş modülleri arasındaki ara bağlantı kabloları:
 - Bölüm: 4 mm²
 - Uzunluk: voltaj düşüşleri için sayılmaz
- Modüller - regülatörler bağlantı kabloları:
 - Bölüm: 16 mm²
 - Uzunluk: 10 m

Her modül alanı ile regülatörü arasındaki gerilim düşümü U_{mr} hesaplanır:

$$U_{mr} = L_c \times R \times \frac{I_{scm}}{2}$$

$$U_{mr} = 10 \times 0,00248 \times 52.75$$

$$U_{mr} = 1.31 \text{ V}$$

24 V solar kurulum için önerilen maksimum voltaj düşüşü, burada olduğu gibi 0.3 V'ten düşük olmalıdır. Bu nedenle akü regülatör bağlantısında voltaj düşüşü yoktur.

- Akü bağlantı kabloları - regülatörler:

- Bölüm: 16 mm²

- Uzunluk: 2 m

Aküler ve regülatör arasındaki gerilim düşümü U_{br} hesaplanır:

$$U_{br} = L_c \times R \times \frac{I_{scm}}{2}$$

$$U_{br} = 2 \times 0.00248 \times \frac{105.5}{2}$$

$$U_{br} = 0.26$$

- İnvörtör bağlantı kabloları – aküler:

- Bölüm: 25 mm²

- Uzunluk: 2 m

İnvörtör ve aküler arasındaki U_{ob} voltaj düşmesi önemsizdir

- Regülatör bağlantı kabloları - yükler:

- Bölüm: 2.5 mm²

- Uzunluk: 10 m

Regülatör ve yükler arasındaki U_{rc} voltaj düşüşünü hesaplamak için önce yüklerin maksimum yoğunluğunu hesaplamak gerekir:

$$I_c = \frac{P_{nt}}{U}$$

ile:

P_{nt} = Yüklerin toplam nominal gücü, ilişki (8).

U = Eviriciden sonraki çıkış gerilimi.

$$I_c = \frac{1770}{230} = 7.69 \text{ A}$$

(4.13)

U_{rc} böyle ifadebilir:

$$U_{rc} = B \times R \times I_c$$

$$U_{rc} = 2.5 \times 0.01642 \times 7.69$$

$$U_{rc} = 0.31 \text{ V}$$

24 V güneş paneli kurulumu için önerilen maksimum voltaj düşümü, buradaki durum da 0.6 V'den az olmalıdır.

- Tahmini üretilen enerji

Bu güneş santrali tarafından üretilen enerjinin (E_p) tahmini için, aşağıdaki verilere ihtiyaç vardır:

- I_r = Alanın genel yatay ortalama yıllık ışınması ($kWh/m^2/yıl$)
- F_t = Transpozisyon faktörü (çarpım katsayısı)
- F_o = Gölgeleme faktörü (0 ile 1 arasında çarpma katsayısı)
- C_s = Yapı katsayısı (çarpım faktörü)
- S_m = Modüllerin kapladığı alan

$kWh/yıl$ olarak ifade edilen bu enerjinin hesaplanması için, PVSYY4_37 PV boyutlandırma yazılım formlarını temel alınacaktır, :

$$E_p = I_r \times F_t \times F_o \times C_s \times S_m \quad (4.14)$$

- Küresel Ortalama Yıllık Işınlamanın Hesaplanması

Burada kullanılan veriler, Cibuti'de saat cinsinden ifade edilen aylık ortalama güneşlenme süresi (Çizelge 4.2) ve 10 yıllık bir süre boyunca günlük ortalama ışın alma verileridir (Çizelge 4.3). Ülkede faaliyet gösteren tek meteoroloji istasyonu olduğundan, bu değerler Gued-Qarweyné tesisi için alınacaktır.

Ortalama aylık ışınlama ($kWh/m^2/ay$ olarak ırm) aşağıdaki gibi hesaplanır:

I_r . m. = ortalama günlük ışınlama \times ayın gün sayısı

Bu nedenle, aylık değer aşağıdaki 4.11 çizelgede yer alan her ayın karşılığıdır:

Çizelge 4.11: Elde edilen aylık ortalama güneş ışını değerlerinin özeti

Ay	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Gün sayısı	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Orta ışınlama günlük ($kWh/m^2/gün$)	5,30	6,02	6,55	6,40	6,40	6,34	6,78	6,26	6,28	6,35	5,88	5,05
Orta ışınlama aylık ($kWh/m^2/ay$)	164,3	174,58	203,05	192	198,4	190,2	210,18	194,06	188,4	196,85	176,4	156,55

Ortalama yıllık ışınma değeri ($I_r.a.$) Çizelge 4.11'deki aylık değerleri toplayarak elde edilir:

$$I_r. a. = \sum_{1}^{12} I_r. m$$

$$I_r. a. = 2245 \text{ kWh/m}^2/\text{yıl} \quad (4.15)$$

- Aktarma Faktörü

Aktarma faktörü, güneş modüllerinin düzlemindeki genel ışınlamanın değerini elde etmeyi mümkün kılan, düzeltici faktörden başka bir şey değildir, bu nedenle güneş modüllerinin oryantasyonuna ve eğimine bağlıdır. Bu durumda, oryantasyon (güney) ve meyil (12°) optimum bir verime karşılık gelir. Bu konudaki formül aşağıdaki değeri verir:

$$F_t = 1.12$$

- Gölgeleme faktörünün hesaplanması

Gölgeleme faktörü, tıkanma geçirmeyen güneş modüllerinin fraksiyonuna tekabül eder. Bizim durumumuzda, yukarıda açıkladığımız gibi, dikkate alınması gereken bir gölgeleme yoktur, bu nedenle aşağıdaki değeri alacağız:

$$F_o = 1$$

- Yapı katsayısının hesaplanması

Yapı katsayısı (Cs), kullanılan fotovoltaik hücrelerin karakteristikleri ve modüllerin havalandırması ile ilgilidir, bu katsayının farklı değerleri Çizelge 4.12’de kaydedilmiştir.

Çizelge 4.12: Yapı katsayısının hesaplanması

Types intégration Hücre teknolojisi	Verim Modülleri (%)	Cs: Keşfedilmemiş modüller	Cs: Keşfedilmiş modüller	Cs: Yüksek havalandırmalı modüller
Monokristal silisyum	12,5	0,0875	0,09375	0,100
Çok kristalli silicon	11,5	0,0805	0,08625	0,092
Amorf silicon	5	0,0350	0,03750	0,040

Kaynak: PVSYST4_37 Yazılım

Bu bağlamda, silikon fotovoltaik hücreleri kullanan güneş modülleri olduğu tahmin edilmektedir. Monokristal çok kırılmalı bir malzeme olduğu için bu ortamda hiç kullanılmamaktadır. Modüller yere monte edilmelidir.

Bu şekilde aşağıdaki değerler alınabilir:

$$C_s = 0.100$$

- Modüllerin Yüzölçümleri

Kullanılan modüllerin boyutları:

- Uzunluk = 771 mm
- Genişlik = 665 mm

Tek bir modülün yüzeyi:

$$S = 0.771 \times 0.665$$

$$S = 0.513 \text{ m}^2$$

Modüllerin toplam alanı:

$$S = 0.513 \times 60$$

$$S = 30.78 \text{ m}^2$$

Formül (4.14)'ün uygulaması şunları verir:

$$E_p = 2,245 \times 1.12 \times 1 \times 0.1 \times 30.78$$

$$E_p = 7,740 \text{ kWh / yıl} \quad (4.16)$$

Bu büyüklüğü eşdeğer saatlerde ifade etmek şunları verir:

$$H = \frac{7720 \text{ KWS}}{3,6 \text{ KWC}} = 2,150 \text{ S} \quad (4.17)$$

Okulun yıllık enerji ihtiyacını karşılaştırarak şunları yapacağız:

İlişkimizden (4.3), yıllık enerji ihtiyacını türetiriz:

$$B_a = 12.71 \times 3,664 = 4,652 \text{ kWh} \quad (4.18)$$

İlişkileri (4.16) ve (4.18) çıkartarak, yaklaşık %40'lık bir enerji fazlası olan 3088 kWh'ye eşit bir enerji fazlası elde edilmektedir.

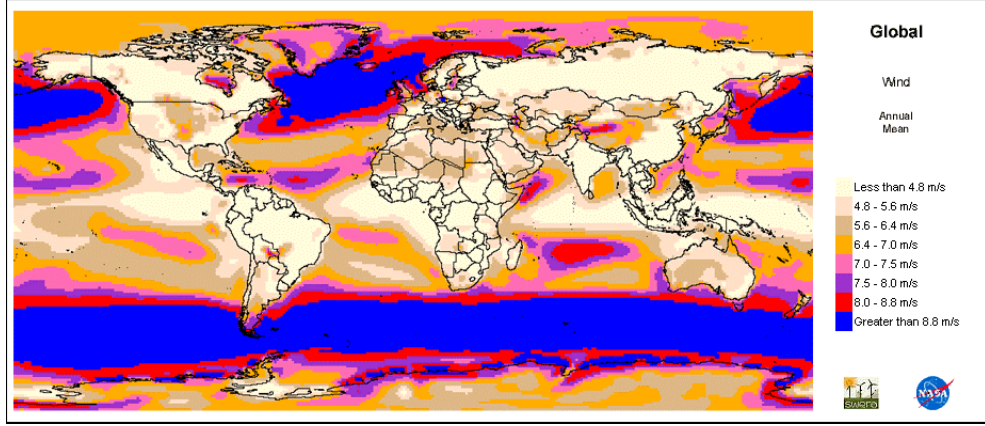
4.1.2 Rüzgâr enerjisi

Rüzgâr enerjisi, rüzgârı oluşturan hava akımının sahip olduğu hareket (kinetik) enerjisidir. Bu enerjinin bir bölümü yararlı olan mekanik veya elektrik enerjisine dönüştürülebilir.

4.1.2.1 Genel sunum

Dünya rüzgâr potansiyeli haritasında (Şekil 4.6), Cibuti Cumhuriyeti'nin orta potansiyel bölgede (siyah daire) rüzgâr hızlarının 5,6 m/s ile 6,4 m/s arasında olduğunu göstermektedir.

Bu nedenle, hızları yalnızca büyük rüzgâr parkları için kârlı olabileceği için, rüzgâr enerjisinden yararlanmayı düşünebileceğimiz birer alandır.



Şekil 4.6: Küresel rüzgâr potansiyelinin haritalanması

Kaynak: <http://eosweb.larc.nasa.gov/>

Aşağıda özellikleri anlatılan tesisler, 5 MW'tan (5 ile 10 MW) daha büyük bir ekipmanı barındırabilenler ve 1 MW daha düşük kurulu güce sahip kırsal elektrifikasyonu olanlar biçiminde iki gruba ayrılarak analiz edilmiştir.

Çizelge 4.13: Farklı parkların rüzgâr potansiyeline göre dağılımı

Parklar > 5 MW (Bölüm I)	Parklar < 1 MW (Bölüm II)
<ul style="list-style-type: none">• Ali Sabieh• Bada Wein• Ghoubet• Egralyta• Djibouti Ville	<ul style="list-style-type: none">• Day• Hol Hol• Yoboki

4.1.2.2 5 MW'tan daha fazla gücü olan rüzgâr parkı tesisleri

- Ölçüm direği istasyonu

Rüzgâr parkı istasyonu 12 değişik bölümden oluşmaktadır. Coğrafi, yerel özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 4.14: Ölçüm direkleri istasyonlarının tanımı

İstasyon	Doğu	Kuzey	Ölçüm	Ortalama	Rakım	Ölçüm	Kullanılabilirlik
			çubuğunun yükseklği [m]	rüzgâr hızı [m/s]	[m.a.s.l]	süresi [h]	[%]
Gali	42,5556	11,6206	40	9,0	500	15,5	89
Mahaba							
Ghoubet	42,4889	11,5355	40	8,9	150	16	83
Day	42,6256	11,7658	40	8,8	1210	2	100
Bada Wein	42,6508	11,2380	40	6,8	550		
Gediah	42,9522	11,5402	40	6,6	230	7,1	60
Alleh							
Egarlyta	42,5485	11,4671	40	6,3	450	5,5	99
Yoboki	42,1175	11,4619	40	6,1	210	5,4	100
Garad	42,950	11,3183	40	5,5	530	6	100
Dahol							
Daba	42,6652	11,4244	40	5,4	600	20,5	61
Riyadle							
PK30	42,8969	11,5355	40	5,2	360	6,3	100
Arta	42,8971	11,5378	40	4,5	370	21,5	62
Kalaf	42,7930	11,7927	30	3,8	120	4,1	99

- Ölçüm Direklerinin Verileri

Cibuti’de bu konuda birçok tesis incelenmiştir. Bu konudaki ölçüm detayları aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 4.15: Ölçüm direklerinin verileri

GaliMahaba; D 42,5556 N 11,6206; 40 m’ye kadar ölçülmüş												
Derece	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
H[m/s]	3,23	9,3	10,09	4,3	2,8	2,8	4,5	5,9	5,9	5,7	6,5	6,3
F [%]	0,26	10,09	63,12	4,2	0,9	0,7	1,1	3,7	7,9	4,2	1,3	0,9
Ghoubet; D 42,4889 K 11,5355; 40 m’ye kadar ölçülmüş												
Derece	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
H[m/s]	3,2	3,2	9,3	10,1	7,9	2,8	5,2	8,0	5,5	4,7	5,6	4,9
F [%]	0,3	0,3	3,7	63,1	16,8	0,4	0,4	2,9	3,1	4,4	3,8	0,9
Day; D, 42.6256 N, 11.7658; 40 m’ye kadar ölçülmüş												
Derece	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
H[m/s]	3,5	9,2	7,8	1,0	2,7	2,9			1,0		3,2	3,7
F [%]	1,3	85,7	11,2	0,1	0,3	0,4			0,1		0,1	0,9
Bada Wein; D, 42.6508 K, 11.2380; 40 m’ye kadar ölçülmüş												
Derece	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
H[m/s]	4,5	7,2	7,3	5,0	2,9	3,7	8,3	7,0	5,6	5,2	4,6	3,8
F [%]	4,9	45,2	32,4	1,7	0,4	0,3	2,8	5,9	2,4	1,4	1,1	1,4

Çizelge 4.15 (devam): Ölçüm direklerinin verileri

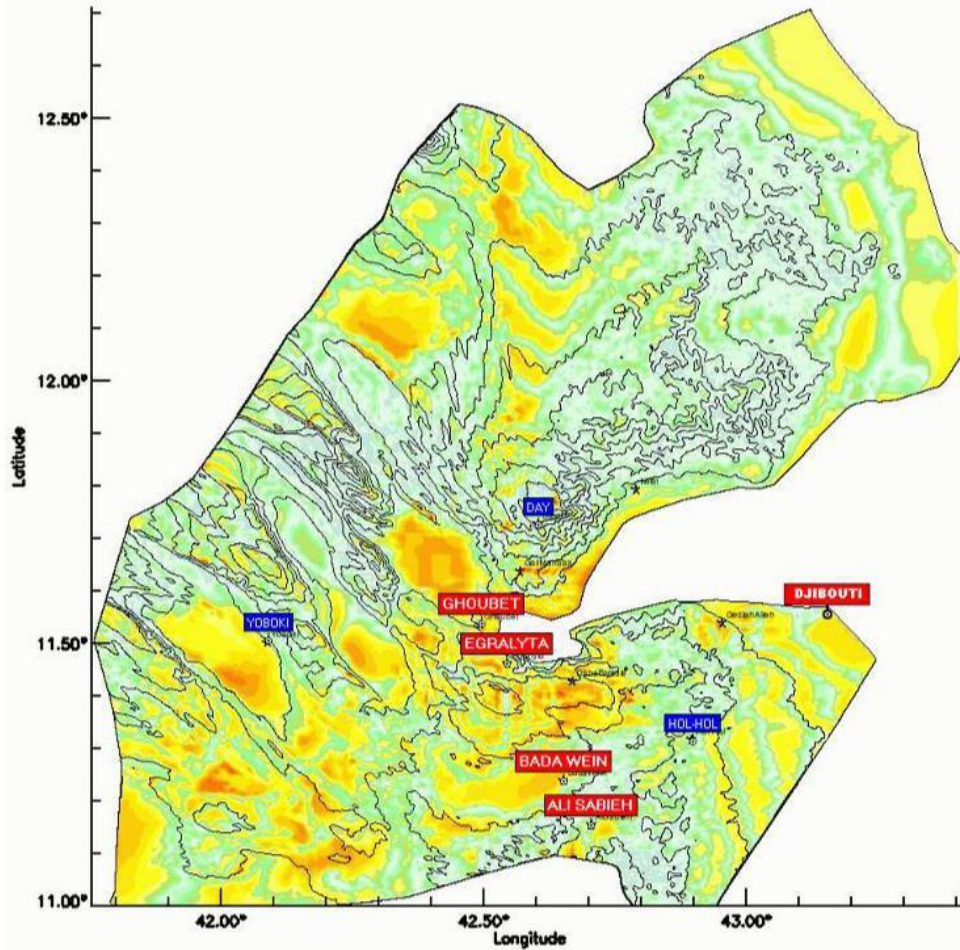
GediahAlleh; D, 42.9522 K, 11.5402; 40 m'ye kadar ölçülmüş												
Derece	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
H [m/s]	4,4	6,9	7,1	5,0	3,2	3,4	8,2	6,9	5,2	4,7	4,6	4,0
F [%]	5,35	42,4	29,8	2,4	0,6	0,4	3,3	6,9	3,1	2,2	1,5	1,5
Egralyta; D, 42.5486 K, 11.4669; 40 m'ye kadar ölçülmüş												
Derece	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
H [m/s]	3,3	3,756	6,914	6,414	3,985	2,658	2,59	8,033	6,718	4,858	5,249	4,471
F [%]	1,14	4,09	43,20	21,74	2,01	0,93	0,78	4,38	11,27	5,9	2,85	1,71
Yoboki; D, 42.1175 K, 11.4619; 40 m'ye kadar ölçülmüş												
Derece	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
H [m/s]	4,8	8,4	4,5	3,8	3,1	3,6	3,6	3,1	4,3	4,0	3,3	3,1
F [%]	5,1	49,8	13,9	7,4	3,4	2,8	3,3	3,7	4,0	2,8	2,0	1,7
GaradDahol; D, 42.8950 K, 11.3183; 40 m'ye kadar ölçülmüş												
Derece	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
H [m/s]	3,6	4,6	5,1	5,1	3,3	2,4	1,9	4,4	8,2	6,7	5,3	5,1
F [%]	1,3	4,7	21,5	24,1	6,2	2,0	1,4	5,5	17,3	10,8	3,2	1,9
Daba Riyadle; D 42.6652 K 11.4244; 40 m'ye kadar ölçülmüş												
Derece	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
H [m/s]	4,3	3,7	4,1	5,8	5,5	4,0	8,3	4,0	8,3	5,8	5,8	5,2
F [%]	9,1	4,4	7,0	28,1	16,3	3,0	1,7	2,0	9,6	3,8	5,8	9,3
PK30; D 42.8969 K, 11.5355; 40 m'ye kadar ölçülmüş												
Derece	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
H [m/s]	4,7	4,2	4,4	6,0	5,5	4,0	2,7	2,4	8,7	7,9	5,6	4,4
F [%]	3,3	1,6	2,3	9,9	22,2	20,0	8,0	3,1	6,1	11,7	6,8	4,9
Arta; D 42.8971 K, 11.5378; 40 m'ye kadar ölçülmüş												
Derece	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
V[m/s]	5,0	5,5	4,5	3,1	2,9	3,6	3,2	6,4	5,3	4,2	4,4	4,3
F [%]	11,9	22,3	15,3	12,8	8,5	6,6	3,2	6,0	4,7	2,7	2,3	3,1
Kalaf; D, 42.7930 K, 11.7927; 30 m yükseklikte ölçülen												
Derece	0	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330
H [m/s]	2,3	2,2	3,0	4,2	3,1	4,5	5,0	3,5	2,8	4,4	4,8	3,2
F [%]	5,1	5,2	9,5	20,5	7,6	8,2	12,9	5,9	3,2	5,9	7,9	8,1

- Rüzgâr haritalama

Bu haritanın amacı, bir rüzgâr çiftliği kurulmasına elverişli rüzgâr özelliklerine sahip bölgelerin belirlenmesini kolaylaştırmaktır. Bu haritalama bir karar yardımcı olarak düşünülebilir. Ayrıntılı rüzgâr potansiyelinin grafiksel gösterimi aşağıdaki sayfada gösterilmiştir. Aşağıdaki tabloya gelince, bir rüzgâr çiftliğinin kurulması için seçilen alanlar için çizilen sonuçları sunmaktadır.

Çizelge 4.16: Uygun rüzgâr alanlarının belirlenmesi

Rüzgâr planı, sahalarda takip Ölçümleri.	Tahmini potansiyel, bir 50 ila 60 m arasındaki yükseklik seçilen bölgelerde yerin üstünde.	Yorumlar
Ghoubet	8 à 10 m/s	Birbirine bağlı rüzgâr çiftliği
Day	8 à 10 m/s	Tek türbinler / kırsal elektrifikasyon
Egralyta	7 à 9 m/s	Birbirine bağlı rüzgâr çiftliği
Al Sabieh	6 à 8 m/s	Birbirine bağlı rüzgâr çiftliği
BadaWein	5 à 7 m/s	Birbirine bağlı rüzgâr çiftliği
Djibouti Ville	5 à 7 m/s	Birbirine bağlı rüzgâr çiftliği
Yoboki	5 à 7 m/s	Tek türbinler / kırsal elektrifikasyon
Hol – Hol	5 à 7 m/s	Tek türbinler / kırsal elektrifikasyon



Şekil 4.7: Rüzgâr potansiyelinin grafiksel gösterimi

Genel olarak, Cibuti'nin rüzgâr potansiyeli, göz önünde bulundurulmuş alanların birçoğu için, rüzgâr çiftliklerinin gelişimi için iyi ile çok iyi koşullar sunmaktadır. Bu, özellikle rüzgâr potansiyelinin en güçlü olduğu gözlenen Ghoubet bölgesi için

geçerlidir (50 m yükseklikte 8 ile 9 m/s).

- Tesislerin seçimi ve tanımları

A. Ghoubet

Rüzgâr türbinlerinin montajı için incelenen alan, Cibuti'yi Assal gölü'ne bağlayan yolun kenarında yer almaktadır. Bu site Cibuti'den yaklaşık 70 km uzaklıktadır ve Assal gölü'nün bir liman ve tuz fabrikası olarak geliştirilmekte olan birkaç proje ile birleştirme olasılığı nedeniyle ilgi çekicidir.

Sahanın kendisi batıda dağlarla, doğuya doğru denize doğru çevrelenmiş bir platodur ve arazinin engebese azdır.

I. Rüzgâr Potansiyeli

Ghoubet bölgesi coğrafi konumundan dolayı rüzgârın içinden geçtiği bir koridoru temsil etmektedir. Ghoubet'te rüzgâr ölçümleri yapılmıştır. Bu verilerin korelasyonu, yaklaşık 8,5 m/s ortalama rüzgâr hızında özellikle avantajlı bir rüzgâr potansiyeli göstermiştir.

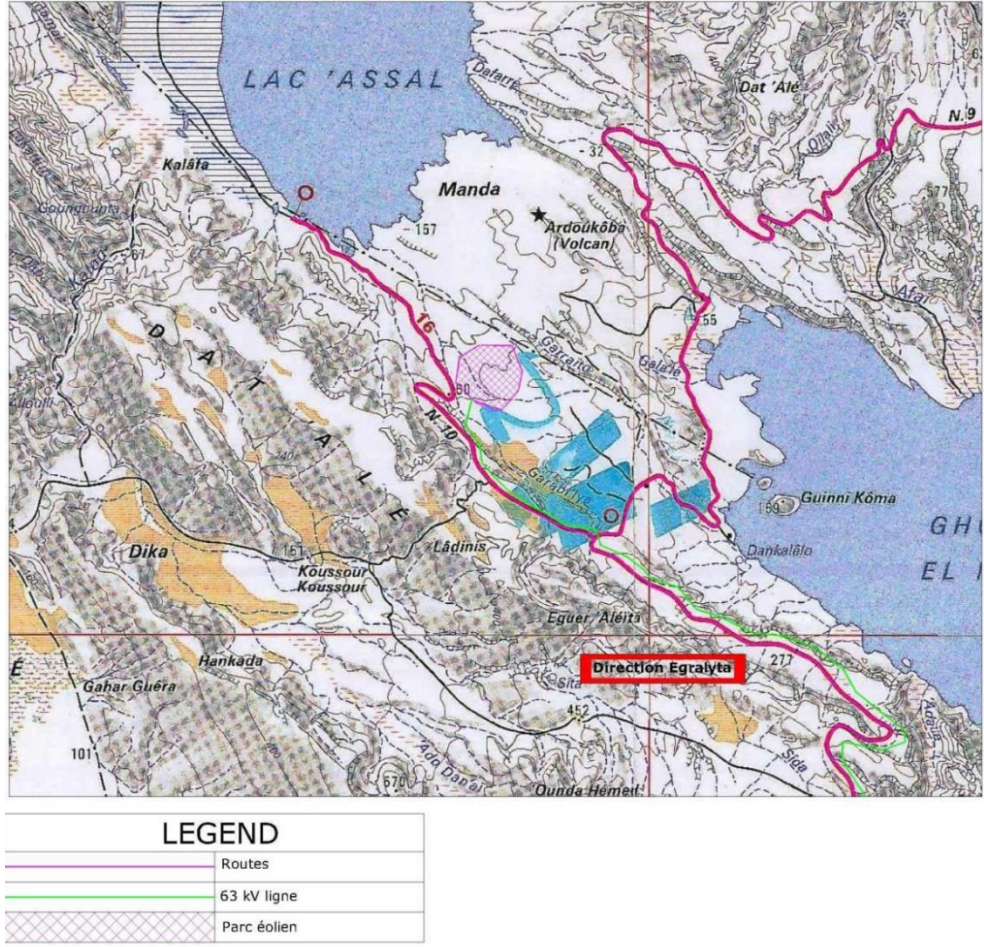
II. Enerji Üretimi

Çizelge 4.17: Ghoubet sahasının tahmini enerji üretimi

Türbin tipi	Kurulu güç	Min [MWh]	Maksimum [MWh]	Ortalama [MWh]
G52 – 12 WEC	10,2 MW	43372	49542	46047
V52 – 12 WEC	10,2 MW	38088	43899	42347

III. Elektrik Şebekesine Bağlantı

Ghoubet sahası elektrik şebekesi bağlantısı için, 7 MW'ın üzerindeki rüzgâr santralleri için bağlantı konsepti geçerlidir. Park, çıkışına 20/63kV trafo merkezi ile bağlanacaktır. Oradan en yakın 63kV hattına katılmaya başlayacak ve bir teslimat istasyonu tarafından bağlanacaktır.



Şekil 4.8: Ghoubet park elektrik şebeke ağının ara bağlantı şeması

B. Ali Sabieh

Ali Sabieh tesisi başkentten 80 km kadar güneydoğu yönündedir. Cibuti şehir tesisine erişim N1 ulusal karayolu ile kolaylaştırılır, Bara Wein'den (Büyük Bara) çıkarılır. Deniz seviyesinden 700 m yükseklikte yer alan şehir, batıya, Etiyopya sınırına doğru yükselen, denizden 1400 m yüksekliğe kadar yükselen tepelerle çevrilidir. Cibuti'den sonra ülke olan Ali Sabieh'in teknik ve sosyal altyapısı iyidir.

Ali Sabieh'i ziyaret ettikten sonra, bir parkın kurulmasına uygun çeşitli siteler için rüzgâr enerjisi analiz edilmiştir:

- Deniz seviyesinden 687 m yükseklikte olan Site 1, bir ovada, Hol-Hol yönündeki tesisin güneyinde yer almaktadır.
- Alan 2, deniz seviyesinden 717 m yükseklikte, Etiyopya'ya giden yolun yanında, şehrin batısında yer almaktadır.

Her iki saha da bir rüzgâr parkının kurulmasına uygun geniş bir alana sahiptir.

Hesaplamalardan sonra, daha iyi enerji üretimi sonuçları için saha 2 seçilmiştir.

I. Rüzgâr Potansiyeli

Her tesis için performans denemesi gerçekleştirilmiştir. Bu deneme temel alınarak, her sitenin verimi iki tip makine ve farklı çekirdek yükseklikleri için hesaplanmıştır.

55 m yükseklik için beklenen ortalama rüzgâr hızı 7,5 m/s ve 65 m için 7,6 m/s'dir. Olağan belirsizliğin düşülmesi için hız dikkate alınmalıdır.

Ortalama rüzgâr verimini hesaplamak için bu değer esas alınmalıdır.. Enerji verimi (MWh/yıl) yıllık ortalaması rüzgâr hızı frekans dağılımının türetilmesi kullanılarak hesaplanır.

II. Enerji Üretimi

Çizelge 4.18: Ali Sabieh tesisi için tahmini enerji üretimi

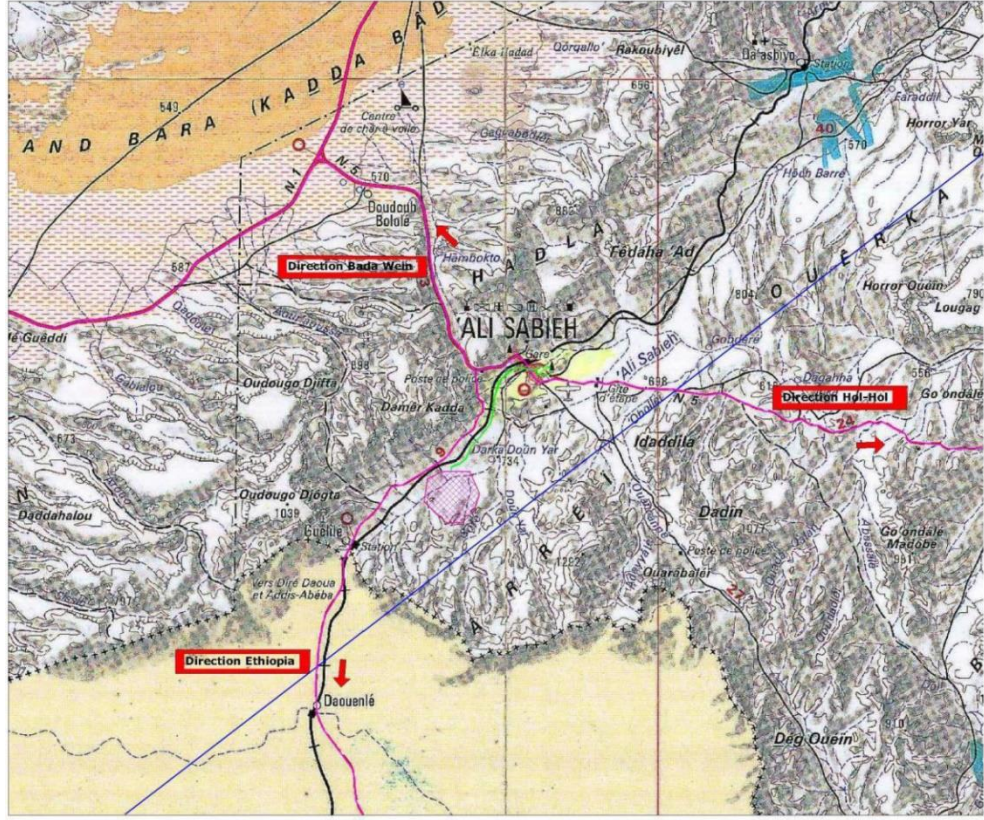
Türbin tipi	Kurulu güç	Min [MWh]	Maksimum [MWh]	Ortalama [MWh]
G52-12 WEC	10,2 MW	33689	41513	37403
V52-12 WEC	10,2 MW	31033	37007	34611

III. Elektrik Şebekesine Bağlantı

Ali Sabieh tesisi için 7 MW'tan daha fazla kapasiteye sahip rüzgâr santralleri için bağlantı konsepti uygulanabilir. 63 kV'luk "Cibuti-Etiyopya" hattı ve Ali Sabieh'deki elektrik bağlantısı için bir ön istasyon inşa edilmelidir.

Parkın trafo merkezi ile bağlantısı 20 kV genel hat ile yapılacaktır. Saha ile bitki arasındaki mesafe yaklaşık 4 km'dir. Bu santralin kapasitesinin en az 12 MW'lık bir rüzgâr santrali için olması beklenmektedir.

Ali Sabieh tesisine, parkın doğrudan bağlanması ve yatırımın önemli ölçüde azaltılması için 15 MV'luk ücretsiz bir kapasitenin planlanması büyük yarar sağlayacaktır. Nüfus artışını, potansiyel sanayi ve ticari kalkınmanın yanı sıra Ali Sabieh'te daha karmaşık bir altyapının göz önüne alınması için, alt merkez, uygun olan yerlerde, şebekenin kapasitesini 12 MW'tan fazla arttırmak gereklidir.



Şekil 4.9: Ali Sabieh tesisinin elektrik ve ara bağlantı şeması

Ali Sabieh bölgesi çok tatmin edici sonuçlar vermektedir, rüzgâr santralının kalkınmakta olan sanayi ve ziraat direğine yakınlığı önemsiz bir avantaj teşkil etmektedir.

Etiyopya ile ara bağlantının bir parçası olarak, Ali Sabieh'te 63/20 kV'luk bir trafo merkezi kuruluyor; parkın ayrıca bu bölgeye bağlanabilmesi durumunda, ekonomik kârlılığın sonuçları bu parkı en iyi hale getirmeli ve ilginç ve sınıflandırmanın ilk yerine taşıyacaktır.

C. Cibuti Şehri Tesisi

Rüzgâr parkı kurulumu için planlanan alan, deniz seviyesinden yaklaşık 160 m yükseklikte Cibuti kentine yaklaşık 10 km uzaklıkta olup, N1'in batı sınırını alarak Cibuti kentinden ayrılmak, arazi deniz seviyesinden yaklaşık 160 m yüksekliğe kadar yükselmektedir.

Cibuti'nin en büyük körfezi olan 'Tadjoura'nın yanındaki çöl platosunun yanında bulunmaktadır. Yeterli alana sahip olan alan on ila on iki makine kurma ve böylece 12 MW'a kadar toplam güç üretme imkânı sunar.

Sahanın çevresi hafif tepelere sahip açık bir alan oluşturur. Toprağın engebesi azdır. Kuzeye doğru karasal bölgede, deniz kıyısında "Tadjoura" körfezinin yanındadır, Güneyde olduğu gibi Batı'da da, saha 150 ile 170 m arasındadır. Sadece 8 km batıda, alan 460 m yükseklikte Arta şehrine tırmanıyor.

Çevresinde herhangi bir yaşam alanı, orman veya geniş orman alanı bulunmamaktadır. Bu nedenle, optimum bir rüzgâr sirkülasyonu varsaymak mümkündür.

I. Enerji Üretimi

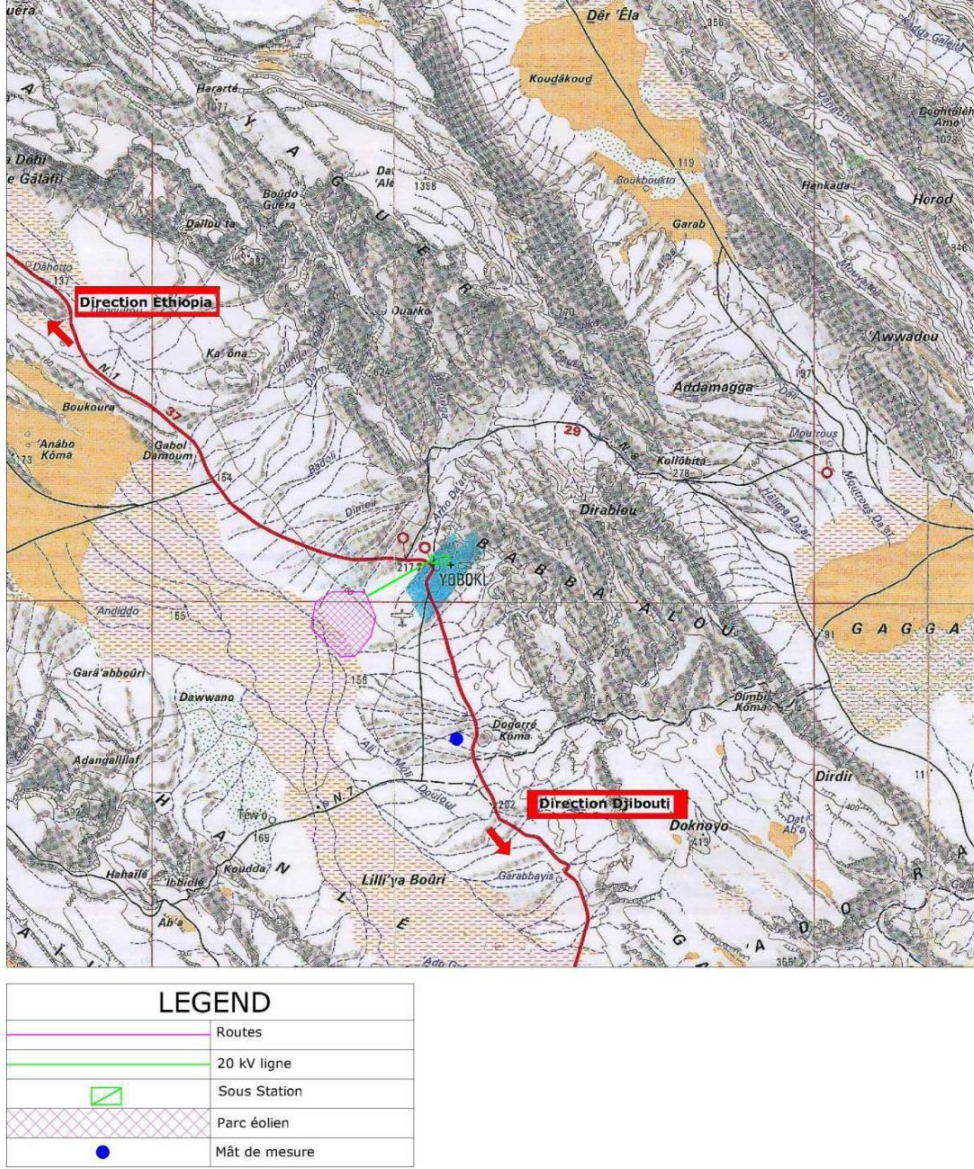
Çizelge 4.19: Cibuti Şehri tesisi için tahmini enerji üretimi

Türbin tipi	Kurulu güç	Min [MWh]	Maksimum [MWh]	Ortalama [MWh]
G52– 12 WEC	10,2 MW	27435	36144	31600
V52– 12 WEC	10,2 MW	23180	29654	27233
R48– 15 WEC	9 MW	21302	28111	25703

II. Elektrik Şebekesine Bağlantı

"Cibuti şehri" rüzgâr parkı, N1 Ulusal karayolunun hemen yanında, mevcut Cibuti elektrik santraline yaklaşık 9 km uzaklıktadır. Park, 20 kV hattı elektrik bağlantısı ile doğrudan bu tesisin trafo merkezine bağlanacaktır (PK12 trafo merkezi).

Bununla birlikte, trafo merkezinin kapasitesi, 12 MW filosunu bağlamak için güçlendirilmelidir. Maliyetleri en aza indirmek için, 20 kV hattı mevcut hatta paralel olarak inşa edilebilir.



Şekil 4.10: Cibuti şehri rüzgâr parkı ile elektrik şebekesi arasındaki bağlantı şeması

Bu sahada kurulan rüzgâr parkı, rüzgâr türbinlerinin taşınmasında ve ayrıca başkente yakınlığı nedeniyle bu konuda yetkili personel tarafından yapılan düzenli ziyaretlerde avantaj sağlayacaktır.

Bu rüzgâr parkı sahasının ziyareti sırasında inşaatı zorlaştıran önemli bir engel olmadığı belirtilmiştir. Bu bölgenin rüzgâr potansiyeli pozitif ancak bu siteyi üçüncü sıraya yerleştiren Ali Sabieh ve Ghoubet'ten biraz daha düşük çalışma potansiyeli olmasıdır.

D. Egralyta

Egralyta bölgesi, Ghoubet'e yakındır, Assal Gölü'ne giden yol boyunca bulunur. Bir rüzgâr çiftliği kurulması için seçilen yer, bir tepe üzerinde bulunan bir platodur.

Bitki örtüsünün sanal olmaması nedeniyle pürüzlülük nispeten düşüktür. Buradaki kullanılabilir alan önemlidir.

I. Rüzgâr Potansiyeli

Egralyta'daki rüzgâr potansiyeli, çalışılan diğer sahalarda olduğu gibi, uygundur. Ölçüm çubuğunun kontrol edilmesi, daha güvenilir verilerin toplanabilmesi için daha uygun bir yer önermeyi mümkün kılmıştır. Aslında, direk kuzeybatıdan gelen rüzgârları engelleyen tepenin oyuğuna yerleştirilmiştir.

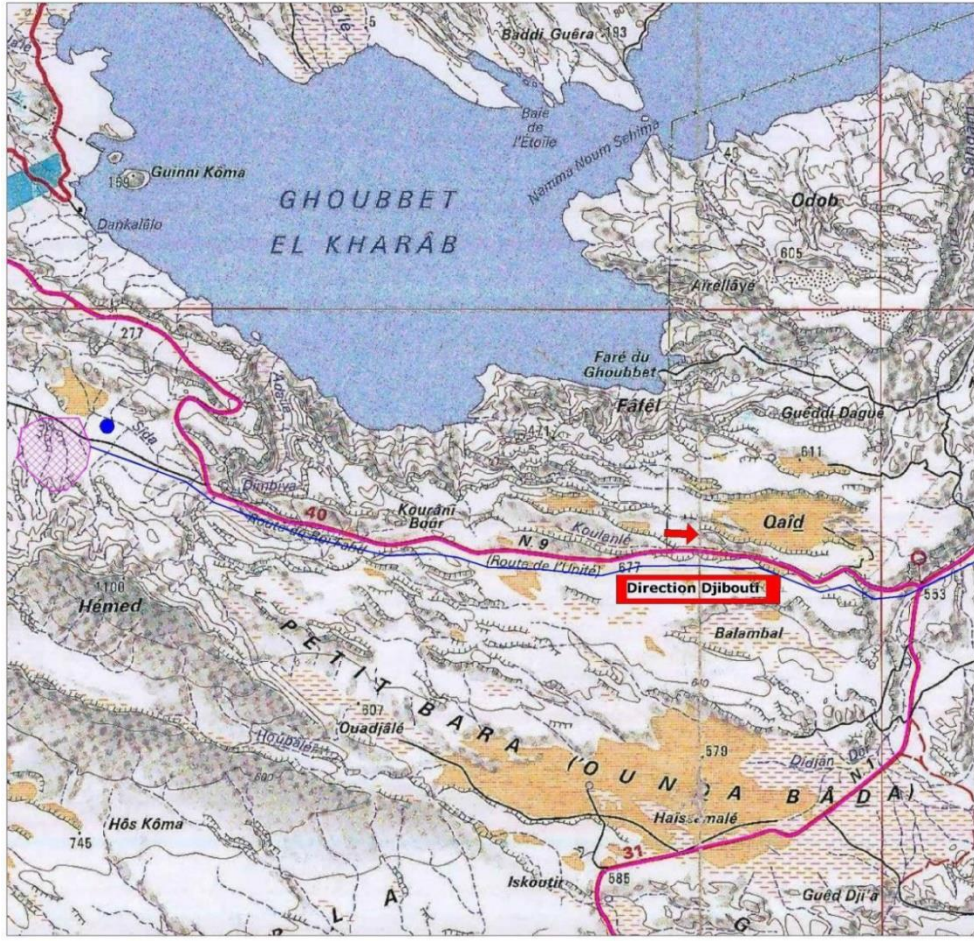
II. Enerji Üretimi

Çizelge 4.20: Egralyta tesisindeki tahmini enerji üretimi

Türbin tipi	Kurulu güç	Min [MWh]	Maksimum [MWh]	Ortalama [MWh]
G52– 2 WEC	10,2 MW	35221	38918	36238
V52–12 WEC	10,2 MW	28021	33257	32173
R48–15 WEC	9 MW	27797	30867	29224

III. Elektrik Şebekesine Bağlantı

Egralyta tesisi için, 7 MW'tan büyük elektrik santralleri için bağlantı konsepti geçerlidir. Elektrik bağlantısı rüzgâr parkı çıkışına 20/63kV trafo merkezi ile bağlanacaktır. Oradan en yakın 63kV hattına katılmaya başlayacak, bir teslimat istasyonu tarafından bağlanacaktır.



LEGEND	
	Routes
	63 kV ligne
	Parc éolien
	Mât de mesure

Şekil 4.11: Egralyta parkının şebekeye bağlantı şeması

E. Bara Wein (Büyük Bara)

Bara Wein’de bir rüzgâr çiftliği kurulması için planlanan bölge, “Büyük Bara” adı verilen geniş bir ovada Cibuti’nin güneydoğusunda yer almaktadır. Cibuti’ye olan mesafe yaklaşık 75 km’dir. N1 ulusal karayolunu kullanarak Bara Wein’e kolayca ulaşılabilir. Bir dağ silsilesi ile çevrili olan Bara Wein ovası denizin 530 m üstünde sabit bir rakım tutar ve böylece dağ silsilesi oluşur: Kuzeydeki büyük “Gabra”, “Hadla” dağı Güneyden doğuya “Galemi” ve batıdan “Hahaile” büyük sıradağları bulunur.

Bu nedenle bu dağların merkezinde Bara Wein ovası 40 km uzunluğunda ve yaklaşık 20 km genişliğindedir. Bu geniş ve düz yüzey rüzgârın kuvvetli ve serbest akışını (yani laminer) mümkün kılar. Bu nedenle, saha bir rüzgâr parkı kurulmasına elverişlidir.

I. Rüzgâr Potansiyeli

Bu konuda kaydedilen verilerin sonucu, sahadaki çok yüksek rüzgâr potansiyelini doğrular ve ortalama hız 6.8 m/s'dir, tahmini ünite gücü 850 kW'tır.

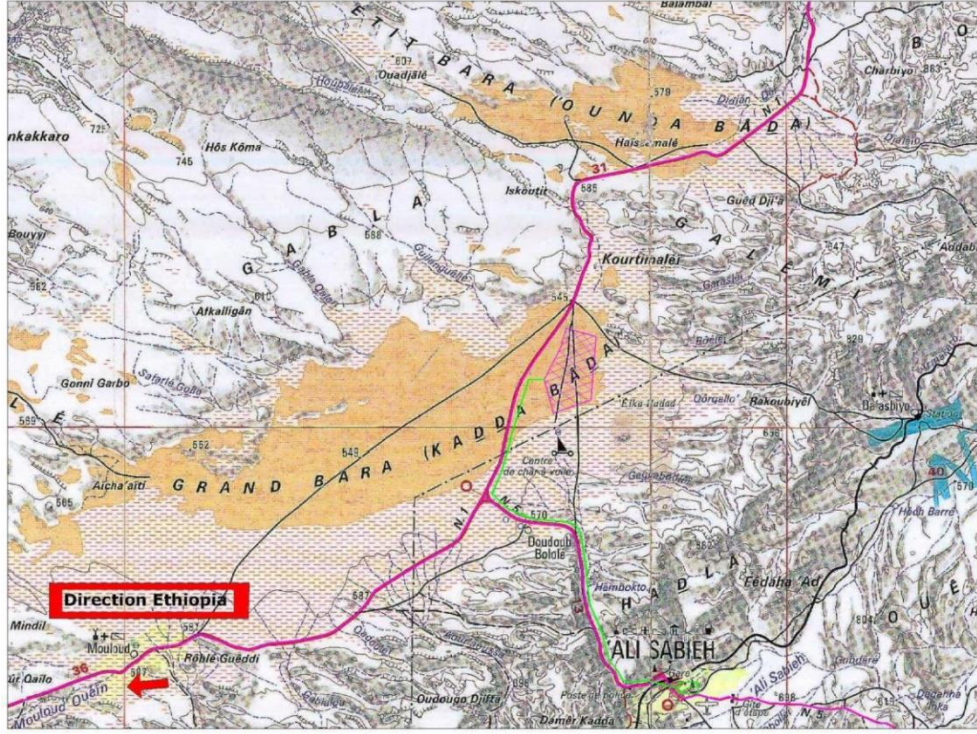
II. Enerji Üretimi

Çizelge 4.21: Bara Wein rüzgâr parkı için üretilecek tahmini enerji üretimi

Türbin tipi	Kurulu güç	Min [MWh]	Maksimum [MWh]	Ortalama [MWh]
G52-12 WEC	5,1 MW	15036	16396	15229
V52-12 WEC	5,1 MW	12987	14067	13637
E48 - 9 WEC	5,4 MW	12649	13704	13277

III. Elektrik Şebekesine Bağlantı

Bara Wein tesisi için toplam 6 MW kapasiteye sahip rüzgâr çiftliği doğrudan sahaya yakın olan 20 kV "Dik-Hil/Alı Sabieh" hattına bağlanabilir. Ancak, rüzgâr çiftliği tarafından sağlanan enerji 6 MW'tan daha fazla üretilecekse, Alı Sabieh'deki bir teslimat istasyonu ve Alı Sabieh'e yönlendirmek için 63 kV hattı gerekli olacaktır. Ancak böyle bir gelişme öngörülmemektedir. Sitede 20 kV'luk elektrik hattının inşası ile ilgili olarak, coğrafi koşullar uygundur. Bara Wein tesisi, daha büyük bir rüzgâr çiftliğinin kurulmasına izin verebilecek olan mevcut alan nedeniyle ilgi çekicidir. Bununla birlikte, ağa bağlantı olasılığı ile ilgili olarak, başlangıçta yalnızca 6 MW kurulması önerilir. Kolayca erişilebilen site sağlam bir zemine sahiptir ve dahili erişim yolları inşa edebilir, düz montaj yüzeyleri ve kablolama etkin bir şekilde yapılabilir. Ağ bağlantısı mevcut 20 kV hattı tesisin yakınında yapılabilir.



LEGEND	
	Routes
	20 kV ligne
	SNCF
	63 kV Ligne (en construction)
	Sous Station
	Parc éolien

Şekil 4.12: Bara Wein park ağının ara bağlantı şeması

Bara Wein bölgesi, daha büyük bir rüzgâr çiftliğinin kurulmasına izin verebilecek olan mevcut alan nedeniyle ilgi çekicidir. Bununla birlikte, ağa bağlantı olasılığı ile ilgili olarak, başlangıçta yalnızca 6 MW kurulması tavsiye edilir. Kolayca erişilebilen site sağlam bir zemine sahiptir ve iç erişim yolları, düz montaj yüzeyleri inşa edebilir ve kablolama etkin bir şekilde yapılabilir.

F. 5 MW'tan Daha Fazla güce Sahip Tesisler İçin Alınan Sonuç

Uzmanlık ve tesislerin inceleme raporlarından sonra, yukarıda belirtilen tüm yönleri dikkate alarak, sonuç aşağıdaki gibidir:

- Bu konudaki en büyük parkların (12 MW'a kadar) aşağıdaki sırayla geliştirilmesi sağlanmalıdır: Ali Sabieh, Ghoubet, Cibuti Şehri, Bara Wein ve Egralyta.

- Ali Sabieh, tesisi ağı bağlantı kolaylığı, avantajlı altyapısı ve büyüme potansiyeli dikkate alınarak geliştirilen ve inşa edilen ilk park olmalıdır. Ghoubet ikinci olarak geliştirilmeli, sahadaki rüzgâr potansiyelinin rüzgâr verilerinin en iyi sonuçlarına (9 m/s) karşılamaştır.
- Cibuti şehri tesisi: Cibuti başkentine olan yakınlığı, uygun ağı olan yakınlığı onu üçüncü sıraya yerleştirmiştir.

Bara Wein ve Egralyta tesisleri de tamamlanmalı daha sonra Cibuti’de planlanan rüzgâr türbinlerinin geliştirilmesi sağlanmalıdır. “Büyük Barra” vadisindeki konumuyla Bara Wein, inşaatı için tesisler sunmaktadır.

Egralyta’da rüzgâr rejimi çok elverişli, muhtemel verim alınabilir ancak inşaat maliyetleri yüksek olacaktır.

4.1.2.3 Kırsal alanda bulunan rüzgâr parklarının elektrik şebekelerinin kurulması

A. Day

Day istasyonu başkentten Obock’a doğru yaklaşık 80 km uzaklıktadır Ghoubet etrafındaki dağlarda ise 800 m rakımda bulunmaktadır.

I.Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Day ölçüm istasyonu faaliyet göstermektedir. Haritada gösterilen ölçüm istasyonu aşağıdaki koordinatlarda bulunmaktadır:

Çizelge 4.22: Day istasyonunun koordinatları

Rakım	Doğu	Kuzey
1387m	11° 43' 79,8''	42° 36' 47,04''

Ölçümler 30 ve 40 m yükseklikte yapılır, anemometrelerin yönü kontrol edilir ve aşağıdaki bilgileri edinmemize izin verir: 40 m için ana yön 50° ve 30 m için 24° dir. Bu konuda bariz bir engel yoktur. Ölçüm direği, alandaki tepenin üstüne yerleştirilerek, daha uygun değerler elde edilebilir. Bu tepe üzerinde rüzgâr türbinlerinin uygulanması, düz bir yüzeyden daha büyük olacak türbülans nedeniyle hızlı bir şekilde aşınmayı önlemek için, yeterli bir türbin seçimi ile mümkündür.

Gündüz ölçülen rüzgâr enerjisi potansiyeli 8,7 m/s ila 40 m yüksekliğindeki rüzgâr verilerinde önemlidir, bu potansiyel rüzgâr türbinlerinin montajı için çok uygundur.

Rüzgâr gücünün güç 3'teki rüzgârın bir işlevi olduğu, yani rüzgârın her saniye başına her metresinin küpün enerji üretimini arttırdığı belirtilmelidir. Durma rüzgâr türbinleri için minimum rüzgâr verisi tipik olarak 3,5 m/s'dir. Ölçüm çubuğunun konumunu optimize etme olasılığı göz önüne alındığında elde edilen ölçümler oldukça uygundur ve ümit verici sonuçlar vermektedir.

II. Rüzgâr Parkı Kurulumu

Bu bölgeye erişim 12 km uzunluğunda zorlu bir yoldan yapılmaktadır, ancak bölgenin yüksekliği ve deniz rakımı açısından konumu nedeniyle mükemmel bir potansiyel sunmaktadır, Rüzgâr parkı kurulumu için seçilen gün şehri sahasına yaklaşık 4 km'dir.

III. Elektrik Şebekesine Bağlantı

Rüzgâr parkı elektrik bağlantısı doğrudan fabrika çıkışında 15 kV bar ile doğrudan 900 kW üretim dizel tesisine bağlanabilir. Rüzgâr santralının bu tesisle bağlantısı, rüzgâr türbinlerinin bulunmaması durumunda, şebekede güç düzenlemesi sağlayacaktır. Ancak, parkın elektrik ağı şebekesine bağlanması faydalı olacaktır ve köyün elektrik bağlantısının beslenmemesi sırasında ağ üzerinde herhangi bir soruna yol açmayacaktır (sadece günde 4-5 saat elektrik beslemesi yapılması yeterli olacaktır).

IV. Coğrafi Özellikler

Arazinin topografyası karmaşıktır, alan kuzeydoğuda dağlarla çevrilidir, alan güneye doğru daha az engebelidir, çünkü alan Ghoubet'e daha yakın olan tepelere kıyasladık bir konumdadır. Karmaşık topografya, engeller tarafından hızla frenlenebilen akış nedeniyle rüzgâr verilerinin doğru ve ayrıntılı analizini sağlar. Yüksek kaliteli rüzgâr potansiyelini değerlendirmeyi amaçlayan bir rüzgâr çiftliği kurulması, rüzgâr çiftliğinin planlanmasında göz önünde bulundurulması gereken bir dizi engelle karşı karşıya kalınmasını sağlamaktadır: Bu konuda gerekli 2 km ağı genişletilmesi için 20 kV hattına katılmak için olası bir su temini için gereken elektriği sağlamak için kullanılması gereklidir.

B. Yoboki

Bu tesis deniz seviyesinden 200 m yüksekliktedir ve 570 metrede doruğa çıkan "Babba Alou" sıradağları zinciri ile batıya bağlanır. Güneyde ve doğuda geniş bir ova uzanır. Doğuya sadece 30 km uzaklıkta bulunan bu ova, tepeler "Amalié" sıradağları

zinciriyle sınırlıdır. Etiyopya ile sınır 50 kilometre uzaklıktadır. 2 bin kişilik nüfusu ile Yoboki, gerekli tüm sosyal ve teknik olanaklara sahiptir.

I. Rüzgâr Potansiyeli

Yoboki tesisinde kaydedilen rüzgâr ölçümleri, ülkenin geri kalanına kıyasla oldukça ılımlı sonuçlar göstermektedir. Ölçüm direği, N1 ulusal yolu'nun hemen yanında, Yoboki'nin yaklaşık 4 km güneyinde yer almaktadır. Direk bu nedenle kolayca erişilebilir. Planlanan rüzgâr santralinin konumu direk ile aynı olacaktır.

Çevredeki alan, geniş, açık ve düz bir yüzey ile karakterizedir. Toprağın pürüzlülüğü, şantiye düzeyinde, bu nedenle düşüktür. Arazinin batısındaki görüntüyü işaretleyen tepenin, sahadaki rüzgâr akışına çok az etkisi vardır. Sadece 2 metre yükseklik farkı ile çevredeki alanlar topografik olarak çok düz sayılabilir.

Çizelge 4.23: Yoboki istasyonunun koordinatları

Rakım	Kuzey	Doğu
207 m	11° 27'42,9 ''	42° 07'03,3''

Teknik protokole göre düzenlenen 40 m yüksekliğindeki ölçüm direği (NRG 9200 sistemi) ve 40, 30 ve 20 m yüksekliğindeki anemometreleri monte edilmiştir. 30 ve 40 m yüksekliğindeki iki rüzgâr pervanesinin yanı sıra anemometreler için kanallar iyi durumdadır. Anemometrelerin ve 40, 30 ve 20 m'deki kanalların kalibrasyonu incelendi, Yoboki'deki rüzgâr potansiyeli, yaklaşık 6 m/s rüzgâr hızlarında kabul edilebilir.

II. Rüzgâr Parkının Kurulumu

Yoboki'de bir rüzgâr parkı kurulması için seçilen direk alanı köy ve dizel istasyonundan yaklaşık 4 km uzaklıktadır. İstisnai rüzgâr potansiyeline sahip başka bir uygun bölge, direğin kuzeyinde yer almaktadır. Bu siteden, dizel istasyonuna bağlantı mesafesi sadece 1 km olacaktır. Yoboki civarındaki iki bölge daha incelenmiştir. Alan 1, N1 ulusal yolunun batısında, şehirden yaklaşık 9 km uzaklıkta (ve ölçüm direğinin yaklaşık 3 km güneyinde) bulunmaktadır. Siteye erişim doğrudan N1 tarafından yapılacak ve daha sonra kaya gibi bir yol ve kaya daha az gelişmiştir. İş olmadan, son 300 metre kamyonla gidilmesi pratik bir çalışma olarak görülmemektedir. Alan 2, N1 ulusal yolunun batısındaki ovada, Yoboki'nin yakınında (yaklaşık 4 km) bulunmaktadır.

Bu siteye N1'den (yaklaşık 200 m'lik bir mesafeden) herhangi yükleme yapmadan ulaşılabilir.

III. Elektrik Bağlantısının Kurulması

Her iki rüzgâr türbinleri mevcut ağa entegre edilecektir. Rüzgâr türbinlerinin mevcut ağ üzerindeki etkisi büyük ölçüde şebekeye bağlanma noktalarına bağlı olacaktır. Bu nedenle Yoboki'deki 100 ila 300 kW gücünde bir rüzgâr santralının doğrudan mevcut dizel tesise bağlanması önerilir.

Parktan tesise 20 kV'luk basit bir şube kablosu gerekli ve yeterli olacaktır

Dizel fabrikasının çıkışında Yoboki'nin (direk sahasında) kurulması ve iki türbinin 4 km uzunluğunda bir hat kullanarak 15 kV'a bağlanması mümkündür. Bununla birlikte, daha önce belirtildiği gibi sahalarda, ekonomik olarak uygulanabilir olması için dizel tesisine mümkün olduğunca yakın olmalıdır. İstisnai rüzgâr potansiyeline sahip başka bir uygun bölge, direğin kuzeyinde yer almaktadır. Bu sahadan merkeze olan bağlantı mesafesi sadece 1 km'dir.

IV. Coğrafi Özellikler

Arazinin etrafındaki toprağın jeolojik yapısı jeolojik haritalarda doğrulanmıştır. Kum katmanlarının altında, oldukça geniş derinliklerde, arazi volkanik kayalardan oluşmaktadır. Alan 1'de, 40 metre derinlikte bir yeraltı su masası bulunmaktadır. Alan 2'de su tablası daha da derin. Her iki bölge de çok sağlam bir toprağa sahiptir. Her iki rüzgâr türbinleri için normal bir temel mümkündür.

Alan 2, aşağıdaki nedenlerden dolayı ilginç olarak derecelendirilmiştir:

- Enerji ağına entegrasyon ve yakınlık imkanı
- Alana çabuk erişilebilirlik ve kolay taşıma- iyi rüzgâr potansiyeli

Alan 1 ile karşılaştırıldığında, bu üç puan alan 2 için önemli faydalardır.

C. Hol-Hol

Çakıl yollarla ulaşılabilen Hol-Hol kenti, Cibuti şehrinin güneybatısında yer almaktadır. Bu asfalt yol demiryolu hattı boyunca uzanmaktadır. Cibuti yaklaşık 45 km uzaklıktadır. Çevrenin görüntüsü, dağ silsileleri, vadiler ve nehirler tarafından çok belirgin olup özel bir şekle sahiptir.

Hol-Hol kasabası doğrudan “Djadjabodka” vadisinin önündedir. Kuzeyde ve batıda, Hol-Hol bir tepe zinciri ile sınırlandırılmıştır.

Güneyde, 800 m rakıma kadar yükselen diğer dağları da sıralayın. Doğu yönünde, geniş bir çöl kayalık ovası, manzarayı hafif engebeli arazisiyle işaretlemektedir.

I. Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

40 m yükseklikte bir başka ölçüm direği, Hol Hol Köyü'nün doğu tepesine yerleştirilmiştir. Deniz seviyesinden 543 m yükseklikte yer alan bölge Hol-Hol köyüne uzaklığı kuzeyden yaklaşık 2 km uzaklıktadır.

Ölçüm çubuğunun koordinatları aşağıdaki gibidir:

Çizelge 4.24: Hol-Hol istasyonunun koordinatları

Rakım	Kuzey	Doğu
617 m	11° 18'37,9 ''	42° 55'46,8 ''

Alanın güneyinde, direk alanından yaklaşık 100 m daha alçakta bulunan Hol-Hol köyü bulunmaktadır. Köy geniş bir nehir vadisinde yer almaktadır.

Her taraftan ve 15 km mesafeye kadar, manzara orografik olarak açık bir alanla işaretlenmiştir. Sahaya yakın çevre açık bir platodan oluşmakta olup, toprağın pürüzlülüğü düşük olarak kabul edilebilir. Arazi yüzeyinin bu nedenle rüzgâr rejimleri üzerinde küçük bir etkisi olmaktadır.

II. Elektrik Şebekesi Bağlantısı

Doğrudan ölçüm tesisinde olan Hol-Hol sahası, köye yaklaşık 4 km uzaklıktadır. Bu şekilde, 15 kV şebekeye bir bağlantı yapılmaktadır. Köyün güneybatısındaki, yaklaşık 3 km mesafedeki başka bir saha da, parkın kurulmasını ekonomik hale getirmek için çok yüksek olan bağlantı ücretlerine yol açmaktadır. Bu nedenle, Hol-Hol'deki bir rüzgâr santralının kurulumu için en uygun bölge doğrudan dizel tesisinin yanındaki konum olacaktır. Rüzgâr hızı diğer sahalara göre daha düşüktür, ancak park ve şube arasında elektrik nakliyesinde bağlantı ücretleri ve hat kayıpları sınırlı olacaktır. Bu tesisdeki, havalandırıcı doğrudan tesisin çıkışında mevcut uzak ağa entegre edilecektir.

III. Coğrafi Özellikler

Arazinin etrafındaki toprağın jeolojik yapısı jeolojik haritalar kullanılarak doğrulanmıştır. Arazi - derinliklerinde - volkanik kayalardan oluşur.

Yüzeyde toprak çeşitli büyüklüklerde sayısız taşla karakterizedir.

Yeraltı su tablası mevcuttur, ancak sadece 20 metre derinliktedir, bu da zeminin iyi bir stabilitesini garanti eder ve su akışı ile ilgili küçük bir problemdir. Rüzgâr türbininin normal bir temeli mümkündür.

D. Kırsal Alanlar İçin Sonuç

Kısım 2’de de belirtildiği gibi, küçük güçler için şu anki sınırlı seçimden bağımsız olarak, Yoboki ve Hol-Hol’de bir rüzgâr çiftliği kurulması sadece sürekli bir güç kaynağı ile mümkündür.

Şu an için yakın gelecekte Yoboki ve Hol-Hol kasabalarının projelendirmesi devam etmektedir. Day Park’ın uygulanmasına gelince, nispeten yüksek altyapı maliyetlerine rağmen, rüzgâr potansiyeli düşük saatlerde pompa istasyonlarında rüzgâr enerjisi kullanma olasılığı yanı sıra özellikle bir rüzgâr çiftliği kurulumunda pozitif bir sonuç vermektedir. Ancak, bu ön fizibilite çalışmasında ön fizibilite çalışması yapılması gerektiği hakkında bir eğilim görülmektedir.

4.1.3 Jeotermal enerji

Jeotermal enerji, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş ısının oluşturduğu, sıcaklıkları atmosferik sıcaklığın üzerinde olan ve çevresindeki normal yer altı ve yer üstü sularına göre daha fazla erimiş mineral, tuz ve gazlar içerebilen sıcak su, buhar ve gazlar olarak tanımlanabilir. Ayrıca herhangi bir akışkan içermeden de bazı teknik yöntemlerle yerin derinliklerindeki ısıdan yararlanılması da jeotermal enerji kaynağı olarak nitelendirilmektedir. (Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, 2004).

“Jeotermal enerji dünyada en çok bulunan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Jeotermal akışkanın uygulama yöntemlerine göre jeotermal enerji sistemleri ısı pompaları, kuyu içi eşanjörler ve ısı boruları olarak sınırlanmaktadır.” (Bekar, 2007).

4.1.3.1 Jeotermik göstergeler

- Kuzey yönde bulunan oluşumlar

Bu bölümde yüzeyde oldukça nadir oluşumlar görülmektedir. Bu bölgede bir volkan bacası veya patlama yerinin (duman ve gaz çıkaran yer) varlığının olması ve Dorra bölgesinin 46 °C güney batısında bulunan jeolojik ısı alanlarının belirlenmesi de gereklidir.

Bu bölgeye 40 °C komşu olan Obock bölgesinde 57 °C'den 86 °C'ye ısı derecesi yükselen bir alan bulunmaktadır.

Bu alana yakın olan Tadjourah bölgesinde sıcaklığı 48 °C olan sıcak su kaynakları ve Rouéli bölgesinde 38 ve 47 °C derece sıcaklığında gaz ve duman çıkaran bacaları olan bölgeler vardır. Burada özellikle Ni'illé bölgesinde aynı sıcaklıkta olan yanlamasına çıkan halk arasında 'sıcak su kaynakları-kaplıcalar' olarak bilinen yer altı suları bulunmaktadır (Stieltjesl. – 1978).

- Güney yönde bulunan oluşumlar

Bu bölgede güney doğudaki Abbhé gölü ve Gaggadé platosu arasında bulunan 5 volkan bacası ve patlama yeri bulunmaktadır:



Şekil 4.13: Cibuti'de bulunan jeotermik alanların haritası

- Hanlé bölgesi

Bu bölge 35 km uzunluğunda 20 km genişliğinde büyük bir alandır. Burada özellikle Dalahamallou (42°05"E, 11°21"N) bölgesinde güney doğuda Hanlé bölgesinde fay hattı alanında görülen fümeroller (volkan bacası ve patlama yerleri) bulunmaktadır. Bu alanda Kuzey batıda Hanlé bölgesinde Garabbayis'de (42°09"E, 11°24"N) normal boyda iki volkan bacası ve patlama yerleri bulunmaktadır (Aquater, 1982).

Dimbir nehrinin kuruyan yatağının altında (42°15"E, 11°28"N) büyük fay hattıyla keşişsen üç tane volkan bacası ve patlama yerleri keşfedilmiştir.

- Gaggadé bölgesi

Gaggadé bölgesinin güney batısında fay hattında iki volkan bacası ve patlama yeri bulunmaktadır. Galafi bölgesinin kuzey doğu platoda faal olmayan bir volkan bacası bulunmaktadır.

- Abbhé gölü

Genel olarak gölün kuzey-doğu kenarında, kaplıcaları ve adını göle veren kükürt kokulu volkan bacası ve patlama yerlerini görülmektedir (Abbé, Afar dilinde “çürümüş” anlamına geliyor). Bu kaynakların sıcaklıkları 87 °C’yi geçmemektedir. Bu göl Etiyopya (batı kısım) ve Cibuti (doğu kısım) ile bitişiktir.

Kireçtaşı tabakaları birkaç metreden elli metreye kadar iğne şeklindeki bacaları oluşturur ve uzaklardan görülebilir.

- Merkez bölgesi

Bu bölge ülkenin çok sayıda jeokimyasal, jeofizik ve tektonik. Jeotermal endeksleri sayısız olan ve üç önemli alanı bulunan en önemli yeridir. Bu konuda birçok çalışma yapılmaktadır.

- Ghoubbet bölgesi

Ghoubbet-Al-Harrab, Assal gölü’nden ve halen faaliyet gösteren volkanların olduğu Tadjourah Körfezi’nin en uç noktasıdır. En önemli fümarolik (volkan bacası ve Patlama olan) bölge, wadis Ana’ale ve Afay arasındaki güneybatı kesimde yer almaktadır. Çok sayıda hidro-termal değişiklik bu bölge ile ilişkilidir (Marrec ve diğerleri, 1981).

Çoğu fümerolün (volkan bacası ve patlama bacası) atmosferininkine yakın gaz bileşimleri ile düşük bir akış hızları vardır. Bununla birlikte, 108 °C’de yüksek akış hızına ve yüksek sıcaklıktaki jeotermal alanların karakteristik bir kimyasal bileşimine sahip bir fümerol (volkan bacası ve patlama bacası) bulunmakla beraber (Gadalia ve al1982). Wadi Ana’ale’nin üst kısmında 99 ila 100 °C arasında bulunan diğer fümeroller (volkan bacası ve patlama bacası) bildirilecektir.

Son olarak, Abu Maya bölgesinin her iki tarafında önemli fümerolik bölgelerin (volkan bacası ve patlama bacası) varlığı göz ardı edilmemelidir:

- Kuzeyde, Baddi Gêra bölgesinde, 72 °C’de fümerol (volkan bacası ve patlama bacası) bulunmaktadır.
- Güneyde, Moulhoulé Biyaley ve Moulhoulé Ommané wadis’in alt kısımlarında, 87 °C’de düşük buhar çıkışına sahip iki hidro-termal bölge bulunmaktadır.
- Arta Bölgesi

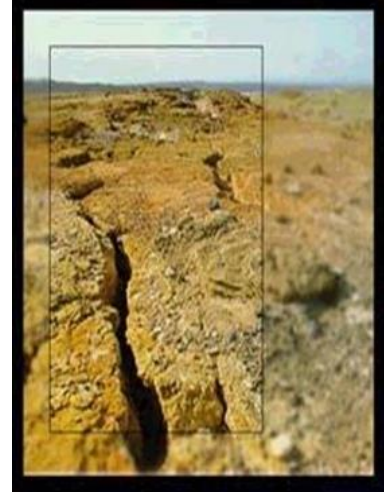
Qiqley bölgesindeki Jeotermal olaylar, yol boyunca yer alan birkaç gaz çıkaran bölge ile sınırlıdır. Bu bölgede gözlenen sıcaklıklar 37 °C civarında olup kayda değer değillerdir.

- Assal Bölgesi

Deniz seviyesinden aşağı 157 m rakımı olan Assal gölü, Afrika kıtasındaki rakımı en düşük ve deniz seviyesinden aşağı 400 m olan Ölü Deniz’den ve deniz seviyesinden aşağı 208 m rakımı olan Celile gölünden sonra dünyanın deniz seviyesinden aşağı olan 3’uncu noktasıdır. Ghoubbet’ten 11 km’den daha uzun volkanik bir bölge ile ayrılır. Yeraltı kırılma hatları ile deniz suyu ile beslenir, bu akışın 20 m³/s olduğu tahmin edilir. Bu, şu anda yarı-endüstriyel bir şekilde sömürülen büyük tuz birikintilerinin kökenindeki yoğun buharlaşmayı (5800 mm/yıl) büyük ölçüde telafi etmektedir. Burası, jeotermal kaynakların çoğunun Cibuti Cumhuriyeti’nde yoğunlaştığı alandır. Tuz bakımından zengin Assal gölü’nün (35 g/l) kuzey-doğu kıyılarından, Ghoubbet’in güney-batısından başlayarak, birçok fay ve kırılmadan geçen düzinelerce tarla ve sıcak su kaynakları vardır (Şekil 4.25). Özellikle, eski lav gölü kraterinde yüzey sıcaklıklarının 45 °C’yi geçmediği başka fümerolik (volkanik bacası ve patlaması) oluşumlar bulunmaktadır.



Şekil 4.14: Korılı sıcak su kaynağı (kaphıca)



Şekil 4.15: Assal fay kırığı

Kaynak: Turizm Ofisi (ONTD)

4.1.3.2 Bu alanlarda gerçekleştirilen çalışmalar

- Assal-Ghoubbet bölgesi

1970 yılında, bu alandaki ilk bir aeromanyetik araştırma Newcastle Üniversitesi'nden bir ekip tarafından gerçekleştirilmiştir (Gridler vd.1970), aynı yıl bir hidro-termal çalışma ile traverten yataklarının haritası çıkarıldı (Stieltjes, 1971). 1971'deki CNR-CNRS araştırması sırasında, bölgeye kızılötesi radyometrisi çalışması yapılmıştır. 1972'de bu bölgeye MELOS elektromanyetik sondajları ile ve bir yüzey belirleme çalışması yapılmıştır (Lopoukhine, 1972). Bu bölgelerdeki Jeotermal akış ölçümleri ve derin jeokimyasal analizler, 1972-73 kampanyasında 50 ile 180 m arasında değişen 17 sondaj deliğinin tamamlanmasıyla başlamıştır.

Ghoubbet'in yalnızca güneybatı kısmı yalnızca erişilebilirlik sorunları araştırılmıştır.

Bu bölgede 1973'ten 1979'a kadar detaylı jeolojik çalışmalar, esasen Assal fay kırığına yoğunlaşmakla birlikte, aynı zamanda diğer jeotermal alanlara da uzanmıştır (Varet ve diğ. 1974, Stieljes ve diğ., 1975, Barberi ve diğ). Bu çalışmaların ardından, ISERST'ten Cibuti jeologları ile işbirliği içinde Cibuti Cumhuriyeti'nin 1/100.000'inin detaylı jeolojik haritalarının geliştirilmesi çalışmalarını yapmıştır. Tüm bu çalışmalar Assal-Ghoubbet bölgesinin jeotermal oluşumlarını göstermektedir.

Bu çalışmalar iki arama sondajının tamamlanmasıyla gerçekleşmiştir. İlk iki BRGM keşif sondaj operasyonu, 1974'ün sonu ile 1975'in başlangıcı arasında

gerçekleştirilmiş ve bu çalışmalar Assal 1 (42 ° 28 "36" "E; 11 ° 32" 31") sondaj kuyusunun ve 1316 m derinliğe sahip "N) ve 1554 m derinliğe sahip Assal 2 (42 ° 28 "52" "E; 11 ° 32 "27" "N) sondaj kuyusunun yapılması ile sonuçlanmıştır

1980'den itibaren ulusal makamlar Assal'ın jeotermal alanını geliştirmeye karar vermiş Afrika Kalkınma Bankası (ADB), UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı), Dünya Bankası vb. Gibi birçok bağışçının maddi desteği ile yeni keşif kampanyaları başlatılmıştır.

BRGM, en baştan beri mevcut verilerin bir sentezi ile çalışmaya devam etmektedir (Varet ve diğ., 1980), bu çalışmaların ardından jeotermal endekslerin elektriksel arama ile derinlemesine araştırılması çalışması yapılmıştır (Marrec ve diğ., 1981).

1981'den 1982'ye kadar Assal 1 sondaj kuyusunun jeotermal akışkanı ve üretim davranışları üzerine kapsamlı çalışmalar yapılmıştır (Barbut ve ark., 1982).

Bu çalışmayı, Ghoubbet bölgesinde gerçekleştirilen (Gadalia ve ark., 1982) jeotermal keşif ile gravimetrik, elektriksel, manyetotölürük ses provizyonu (Puvilland ve ark., 1983) ile devam eden jeokimyasal araştırması izlemiştir. Her iki sondaj deliğinde de ölçümler yapılarak, Assal 1'de, tıkanma tortusu (Correia ve diğerleri, 1983) ve kütük ölçümleri çalışması (Afzalı, 1984). Assal 2'de, kesimlerin mineralojik ve izotopik bir çalışması yapılmıştır (Fouillac ve diğerleri, 1985).

1984 ve 1992 tarihleri arasında, Assal-Ghoubbet bölgesinde, AQUATER tarafından tekrar keşif çalışması yapılmıştır. AQUARER bölgesinde 3 yeni sondaj deliği, Assal 3, 4 ve 5 sondajları ile gerçekleştirilmiştir.

- Assal 3'de, Assal 1'den 100 m'den az ve aynı derinliğe sahip bir kuyu açılmıştır.
- Assal 1'in kuzey doğusunda ve 1000 m'den daha büyük bir mesafede bulunan ve 2013 m derinliğinde olan Assal 4 sondajı yapılmıştır.
- 2019 m derinliğe sahip Assal 5, Lava gölü'nün doğu kanadında daha kesin olarak yarığın merkezinde yer almaktadır.

Son olarak, Assal 1 ve 3 ile aynı bölgede bulunan son Assal 6 sondaj deliği 1988'in sonunda ISERST tarafından ve bu kez Hidrolik, Kırsal Mühendisliği, vb. Gibi ulusal kuruluşlarla işbirliği içinde inşa edilmiştir. Bu sondaj deliği açma işi tamamen Cibuti hükümeti tarafından finanse edilmiştir (Şekil 4.27).

- Hanlé – Gaggadé bölgesi

Cibuti'nin güneybatısında bulunan Hanlé-Gaggadé bölgesi, birçok jeotermal etkinliği ile bilinen bir bölgedir, 50 km'den daha geniş bir alana sahiptir. İlk gradyan sondajı 1982'de CNR'nin bir İtalyan ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmaların ardından 1984'te BRGM tarafından yapılan diğer iki gradyan sondajından sonra 1985 ve 1986 yıllarında Hanlé 1 ve Hanlé 2 keşif kuyularının sondajı 1623 m ve 2020 m derinliğinde AQUATER tarafından gerçekleştirilmiştir.

- Lake Abbey bölgesi

1986'dan itibaren keşif kampanyaları, jeotermal endekslere sahip Abbé gölü bölgesine kadar genişletilmiştir. Bu bölgede LANDSAT MSS uydusundan elde edilen verileri kullanarak uzaktan algılanan bir jeofiziksel yüzey araştırması yapılmıştır (Giraud, 1986).

4.1.3.3 Çalışmaların sonuçları

- Assal-Ghoubbet bölgesi

CNR-CNRS ve BRGM kurumları tarafından gerçekleştirilen çeşitli çalışmalarının sonuçları, jeotermal kaynaklar bakımından en zengin bölgenin kuşkusuz fay kırığının en aktif bölgesi olan Assal-Ghoubbet olduğunu belirlemiştir.

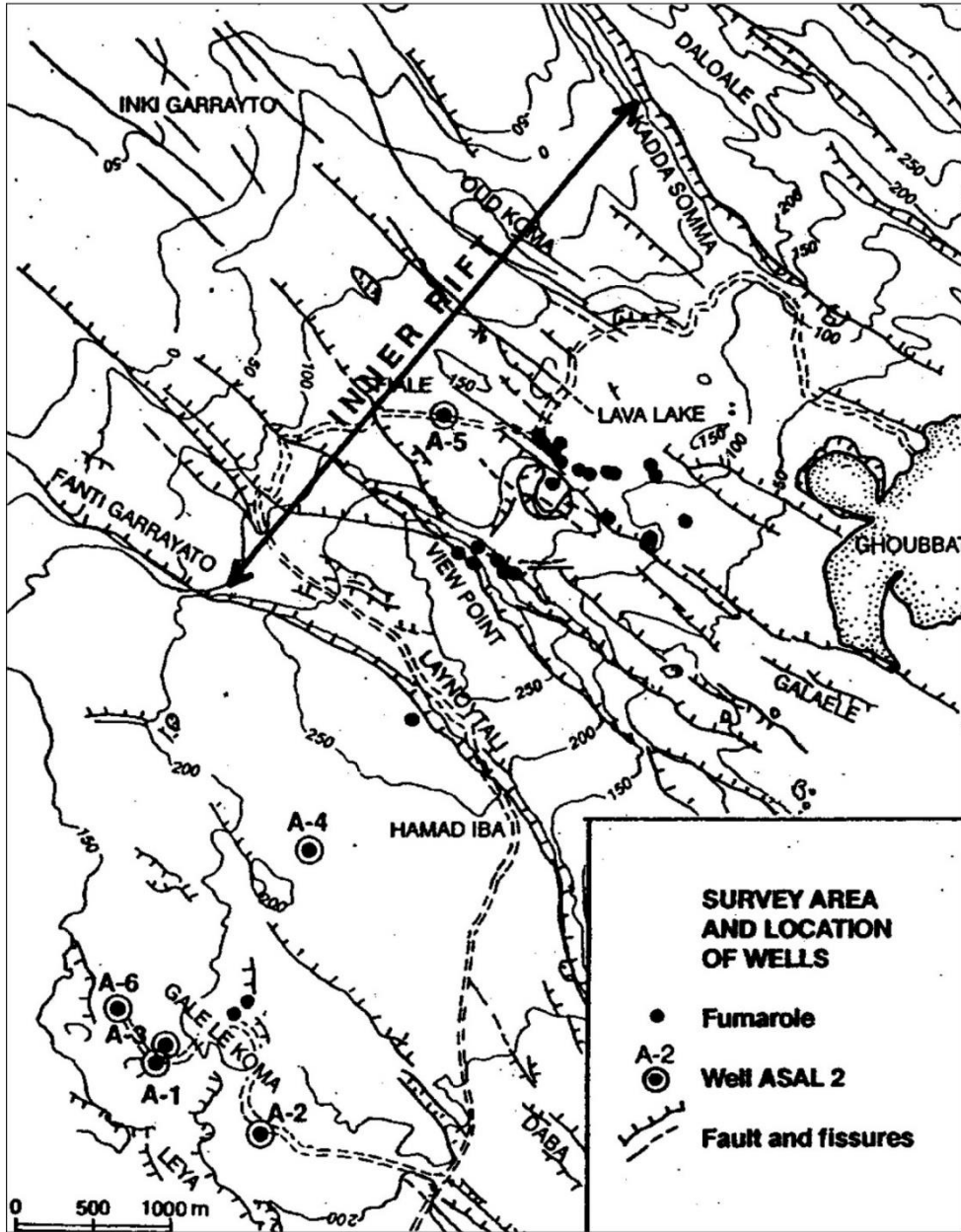
Hem Assal 1 hem de Assal 2'de gerçekleşen sondaj deliği çalışmaları, 345 °C'ye kadar olan derinliklerde yüksek sıcaklıklara kadar ulaşmıştır.

Maalesef, kaynağın yüksek tuzluluk derecesi (110g/ l mineralleşme oranı), kuyularda önemli tortulara yol açmakta, bu da sıvının kullanılma ihtimalini önemli ölçüde azaltmaktadır.

Assal 1 kuyusunun derin haznesinin üretim testleri 220 °C ve 15 bar'da toplam 135 ton/saat akış (su + buhar) sonucunu vermiştir. Üretim kapasitesinin uzun vadede 20 MW olduğu tahmin edilmektedir. Bu kuyu, daha düşük bir sıcaklık (180 °C) ve uygun bir işleme (50 g/l) uyumlu bir düşük tuzluluk oranı elde edilecek 600 m derinlikte sığ bir su kaynağı ile kesişmiştir.

Bu bölgede gözlemlenen jeotermal gradyan, büyük küresel jeotermal alanların termal anomalisine ve alanı 25 °C/100 m'dir. Elde edilen jeotermal akının değerleri 3,9 Mcal/cm²/s'dir. Yarığın güneybatı yarısında, yüzeysel gradyanın en yüksek değerleri,

güney salyanısının eteğinde 2,9 ila 5,9 °C/10 m'dir. Fay hattının ortasındaki kırıklardan akan deniz suyu, yüzey gradyanını düşürme eğilimindedir.



Şekil 4.16: Assal bölgesindeki yeraltı jeotermal sondaj yerleri

Bu alanda BRGM tarafından bir jeotermal alanda ilk çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.16). Yaklaşık 15 km²'lik bir alanı kapsayan stratoid serisinin lavlarında 1000 ila 2000 m derinliğinde bulunan su kaynağının orta kısmında kuru buhar elde edildiği tahmin edilmektedir (Correia vd., 1983). Bununla birlikte, tankın hacmi ölçülmemiştir. Bu çalışmada elde edilen çok cesaret verici ilk test sonuçlarına rağmen, tortu sorunları, (sülfür bileşikleri ve demir silikatlar), aşınan alanın aşınması ve geçirgenliği hızla

ortaya çıkmıştır. Bu durum zaman içinde tatmin edici ve sürekli bir üretkenlik için iyi bir sonuç değildir.

Bu nedenle, araştırma, geçirgen alanları aramak için ie yapılmıştır. Aynı zamanda, özellikle kükürt bileşiklerine ve demir silikatlara karşı inhibitörlerin kullanılmasıyla, kontrol edilmesi zor olan bu birikme sorunlarıyla mücadele etmek için çözümler yapılması öngörülmüştür.

AQUATER, BRGM'nin önceki çalışmalarının önerilerini dikkate almıştır. Bu, üç yeni sondaj deliğinin yerini açıklamaktadır. Bu konuda yapılacak sondajlar, Assal 4 ve Assal 5 ile fay kırığının merkezinde gerçekleştirilmiştir. Sadece Assal 3, iki eski Assal 1 ve Assal 2 sondajı ile aynı sınırdaki yer almaktadır. Bu şekilde merkezi sürtüşmenin de zayıf geçirgen olduğu gösterilmiştir.

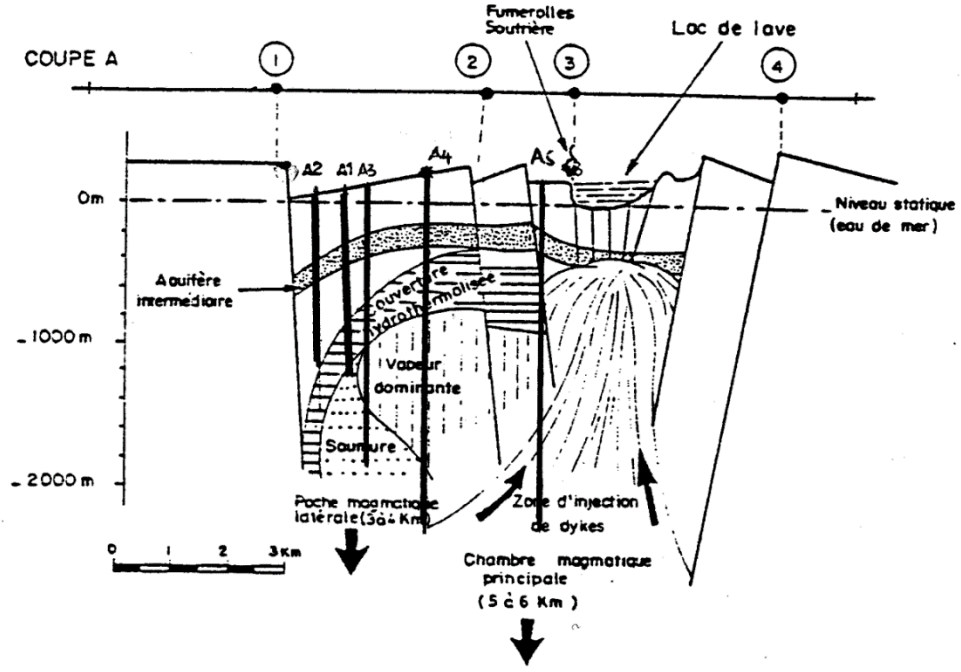
Bununla birlikte, bu çalışma ile elde sonuçlar kaynağın çok yüksek sıcaklığını, Assal 4 ve Assal 5 kuyularının, baskın bir sıvıya (tuzlu su) sahip iki fazlı bir sıvı ve 350° C'den daha yüksek bir sıcaklık ile çok verimli olmadığını doğrulamaktadır (Çizelge 4.25).

İşte çeşitli sondajların sonuçlarını özetleyen bir tablo:

Çizelge 4.25: Assal-Goubbet bölgesindeki kuyuların özellikleri

Kuyu adı	Derinlik (m)	Maksimum sıcaklık (°C)	Toplam debi (t/h)	Tuz oranı (g/l)
Assal 1	1146	260	135	120
Assal 2	1554	233 (à 933 m)	-*	-
Assal 3	1316	264	350	130
Assal 4	2013	359	-	180
Assal 5	2105	359	-	-
Assal 6	1761	265	150	130

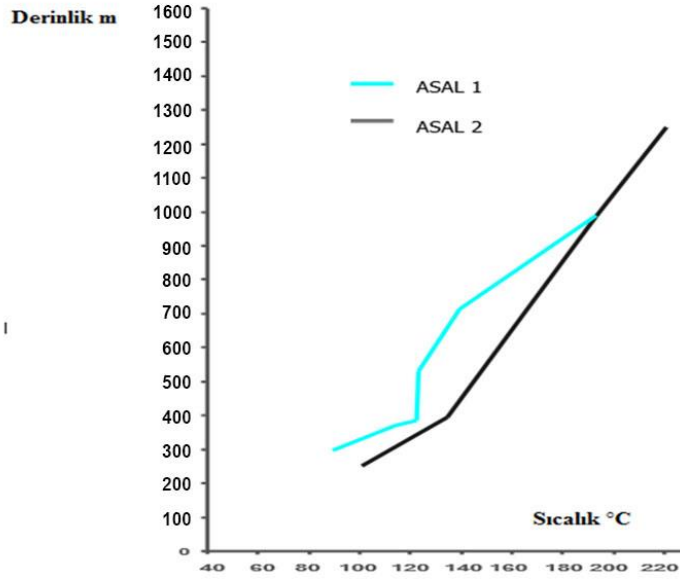
Son Assal 6 sondaj deliğinin çalışma sahasının seçiminin ilk iki sondaj deliğinin eski bölgesine odaklanması oldukça doğaldır, bu sefer 2500 m'nin ötesine daha derine gitme kararı alınsa da ne yazık ki, iş aniden durduruldu, çünkü bu çalışmanın kısmen makine hasarı sorunları ve kısmen de yetersiz yatırımlar nedeniyle 1761 m'yi aşması mümkün olmamıştır.



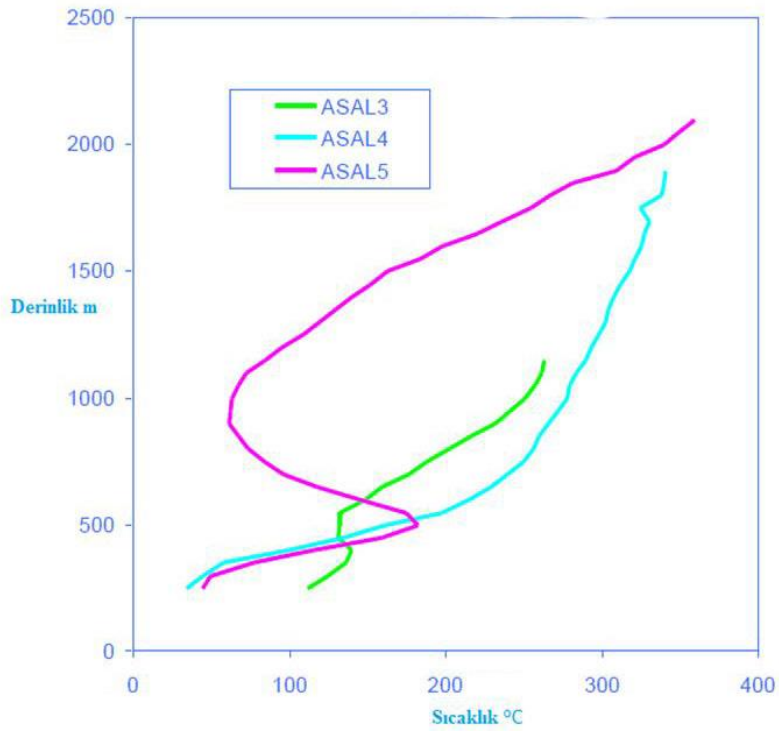
Şekil 4.17: Önerilen jeotermal alan modeli (Correia ve diğerleri, 1983)

Bu çalışmanın bu ikinci aşaması sadece alanın potansiyelinin ilk tahminlerini teyit etmekle kalmamış, aynı zamanda diğer önlemleri de iyileştirerek, böylece magmatik cebin derinliği yeniden değerlendirilmesini sağlamıştır. Bu bölgenin derinliği 3 ile 5 km arasındadır. Bu altı sondajın sonuçları, 130 ve 190 °C arasındaki sıcaklıklarda ve daha düşük bir tuzluluk seviyesine sahipken, derin bir su kaynağının ötesinde olacak şekilde, 400 ve 600 m derinlikte bulunan bir ara jeotermal su kaynağı varlığını göstermiştir. Bu su kaynağı 250 ila 360 °C sıcaklıktaki 2000 m derinlikte bulunmaktadır.

Jeotermal akışkanın yarattığı depozit ve aşınma sorunlarına çözüm bulmak için çalışmalar yapma kararı 1989 yılında ulusal makamlarca alınmıştır. İtalyan hükümeti tarafından finanse edilen bu çalışmalar uzman bir İzlanda araştırma ofisine verilse de bölgeden alınan akışkan örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar testleri yeterli yanıt vermemiştir.



Şekil 4.18: Assal 1 ve 2 sondaj sıcaklığı profilleri (CERD, 2004)



Şekil 4.19: Assal 3, 4 ve 5 sondaj sıcaklığı profilleri (CERD, 2004)

Bu çalışmada belirlenen parçanın jeotermal potansiyelinin 300 MW yakın olduğu tahmin edilmektedir. Eğer bu çalışmaya Assal-Ghoubbet bölgesinin tamamı dahil edilmişse, tahminler 450 ile 630 MW arasında rakamlar vermektedir.

Bu nedenle bu bölge jeotermal potansiyel bakımından en zengin alan olarak kabul edilmektedir.

- Hanlé Bölgesi

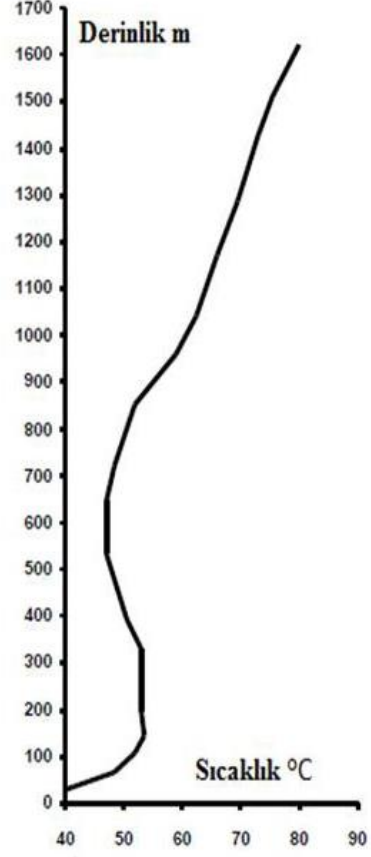
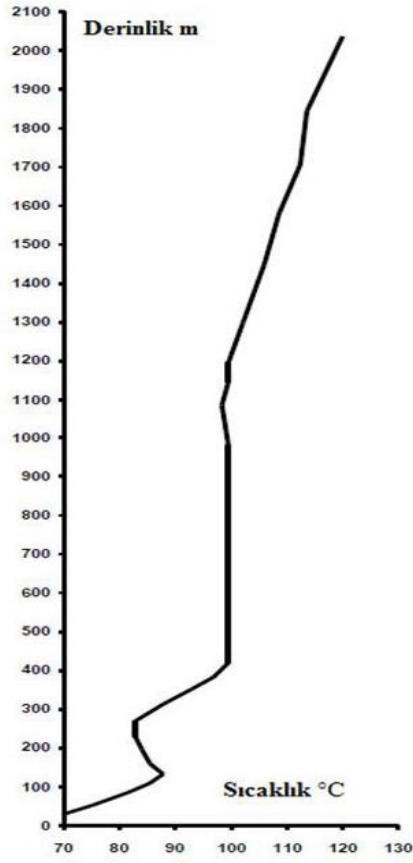
Kademeli sondajların çoğu, iyi rezervuar geçirgenliğine rağmen, nispeten düşük sıcaklıklara sahiptir:

- $-2\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ gradyanlı ve 440 m'de bir $T_{\text{max}} = 121.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan Garrabayis 1 sondajı,
- $3\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ gradyanlı ve 450 m'de bir $T_{\text{max}} = 80.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan Garrabayis sondajı,
- $-2;1.3\text{ }^{\circ}\text{C} / 100\text{ m}$ gradyanlı 1 ve 452 m'de $T_{\text{max}} = 43.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ Teweó sondajı.

Hanlé bölgesinde yapılan iki sondajda ölçülen en yüksek sıcaklıklar aşağıdaki gibidir (Şekil 4.18 ve 4.19):

- Hanlé1: $S_{\text{max}} = 72\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile 1420 m derinliğindedir;
- Hanlé2: $S_{\text{max}} = 124\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile 2020 m derinliğindedir (Aguater, 1989).

Jeotermal gradyanı $3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ oranında azdır. Bu derin su kaynağındaki rezervuardaki sıcaklıkların tahmini, $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den daha büyük değerleri gösterir. Bu düşük sıcaklıklara düşük Awash Nehri Vadisi'nden (Etiyopya) gelen taze yüzey suları neden olmaktadır.



Şekil 4.20: Hanlé 2 sıcaklık profilleri

Şekil 4.21: Hanlé 1 sıcaklık profilleri

Kaynak: CERD, 2004

- Gaggade bölgesi

Hanlé'ye paralel olan bu bölge İtalyanlar tarafından keşfedilmiş, Hanle'deki olumsuz sonuçlardan dolayı planlanan sondaj yapılmamıştır. Yalnızca yüzey çalışmaları, 210 ile 275 °C arasındaki sıcaklıklarda derin bir su kaynağı bulma ihtimalinin olduğu sonucuna varmıştır. Kısacası, burası Hanle'den çok daha ilginç bir jeotermik bölgedir.

- Arta bölgesi

Başkente çok yakın olan bu bölge (yaklaşık 45 km) ön keşif kampanyalarından yararlanmıştır. Fümeroller (volkan bacası ve patlama yerleri) ve tarafından yayılan gazların kimyasal bileşimi %80 CO₂ ile havanınkine yakındır. Hidrojen varlığı, derinliği 180 °C'den yüksek olan yüksek sıcaklıklar olduğunu gösterir.

- Abbehe gölü bölgesi

1993'ten bu yana, Cibuti devleti ve Cibuti hükümeti jeotermal projeler için bağış yapanların ilgisizliğı nedeniyle, bu tür yatırımları tek başına destekleyememektedir, bu nedenle ülkede araştırma faaliyetleri ve jeotermal arama çalışmaları durdurulmuştur.

Neyse ki, Birleşmiş Milletler'in 1992'de Rio'nun "Dünya'nın tepesine" yol açacak olan küresel çevre sorunlarına ve 1997'deki Kyoto protokolü'nün düşük çevresel etkiye sahip yenilenebilir enerji çalışmaları bu konuların tekrar ele alınmasını sağlamıştır. Buna rağmen, Cibuti'de jeotermal enerji çalışmalarına tekrar başlaması için 10 yıl beklemek gerekecektir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Güneş Enerjisi

Güneş enerji panellerinin fotovoltaik (PV) seviyesinde, daha önce de belirtildiği gibi, 1 saatlik güneş enerjisi, ülkenin mevcut elektrik ihtiyacının 80 katına eşittir. Teknik olarak işletilebilen güneş enerjisi potansiyelinin 200.000 MWh/gün olduğu tahmin edilmektedir. Ancak, şu anda kurulu olan güneş enerjisi panellerinin fotovoltaik kapasitesi (290 Kwp) ile bu, yıllık 657 MWh elektrik üretimine eşittir. Ulusal elektrik üretimine kıyasla, ülke şimdi elektriğinin %0,3'ünü bu yenilenebilir enerji kaynağından üretiyor. Güneş PV'si, kırsal alanlarda yinelenen sorunları büyük ölçüde çözebilir:

- Elektrik erişimi: Bu bileşen 2006'dan bu yana güçlü bir gelişme yaşamıştır. Milli Eğitim Bakanlığı yeni kırsal okulları sistematik olarak PV enerjisi ile donatma kararını vermiştir. Uzak bölgelerdeki temel sıhhi ihtiyaçlar, güneş fotovoltaik enerji kullanımı (kırsal kliniklerin elektrifikasyonu) kullanılarak büyük ölçüde çözülebilir.

- Su erişimi: Mevcut ihtiyaçlar şu anki miktardan altı kat daha yüksektir (25 milyon m³), su eksikliği temel olarak su arama araçlarının olmamasından kaynaklanmaktadır. Bu amaçla, Su Bakanlığı, 2007'den bu yana, yalnızca depolama olmadan veya "güneşin panellerinin üzerinde" kullanılmayan güneş pompalarında ekipman programını yoğunlaştırmıştır.

- Güneş ısısından termik enerji elde edilmesi henüz gündemde değildir ve ülkenin kuzey bölgelerinde, özellikle de bazı dağlık bölgelerinde aşağıdaki enerji kaynaklarından yararlanılabilir:

- Güneş Enerjisi (DHW): Okul çocukları ve çoğu köylünün, kışın çok soğuk su sıcaklığı nedeniyle yıkanmadığı bildirilmektedir. Ev sakinlerinin yakacak odun stoklarını öncelikli olarak mutfığa ayırmayı tercih ediyor. Bu güneş enerjisi sistemleri iyi kişisel hijyeni teşvik edecek ve böylece kırsal nüfusun sağlığına ve ekosistemin korunmasına katkıda bulunacaktır.

- Rüzgâr Enerjisi

Bugün, ülkede hiçbir rüzgâr enerjisi sistemi işletilmiyor. Son potansiyel çalışma bir rüzgâr kaynağının varlığını göstermiştir. Şu anda yalnızca ölçülebilen bu gücün tahmini 8 MW'tır. Bu yenilenebilir enerjinin gücü aşağıdaki gibi düzenlenebilir:

- Küçük rüzgâr türbinleri ile yapılacak güneş enerjisi projesi: Ülkede küçük rüzgâr kullanma ihtimalinin ihmal edildiğini görülmektedir. Yine de, izole alanlarda susuzluk sorunu, sudan su çekilmesi için rüzgâr pompalarının takılmasıyla çözülebilir. Örneğin, 2000 ve 2002 yılları arasında Danimarka Somali'de rüzgâr pompalarıyla 1200 kuyulu bir ekipman programı yürütmüştür. Ayrıca, Moğolistan'da yaygın olan küçük rüzgâr türbinleri (Vergnet tipi) gibi çok rüzgârlı bölgeler için kırsal elektrifikasyonun da göz önüne alınabileceği belirtilmelidir. Ancak, kırsal kesimde yoğun nüfusun yoğun olduğu ülkenin batı kesiminde ölçüm kampanyalarına devam edilmesi gerekecektir.

- Büyük rüzgâr türbinleri ile yapılacak güneş enerjisi projesi: Pilot projenin Arta'da 1.8 MW'lık rüzgâr türbinlerinin kurulmasındaki başarısızlığına rağmen, büyük ölçekli rüzgâr türbini, rüzgâr türbini ile elektriksel bağlantıdan sonra elektrik beslemesine katkıda bulunabilir. Etiyopya ve ulusal ağın ağı. Bu nedenle, o andan ülkeye kurulabilecek rüzgâr kapasitesinin yeni bir değerlendirmesine geçmek gerekli olacak

- Jeotermal Enerji

Sondaj çalışmaları sırasında ülkenin küçük yüzölçümü sayesinde jeotermal kaynaklı bölgelerin çoğunun nispeten kolay keşfedilmesini sağlamıştır. Bu konuda yirmi yıl süren keşiften sonra geriye kalan tek çaba işletme aşamasına geçilmesidir. Cibuti Cumhuriyeti'nde teknik olarak işletilebilen jeotermal potansiyelin şu anda 350 ile 650 MW arasında olduğu tahmin edilmektedir. Sadece Assal-Ghoubbet tesisi için ekonomik açıdan işletme potansiyeli, ülkenin mevcut ihtiyaçlarını çok aşan bir oranda olup 150 MW'tan fazladır.

Assal tesisi bu konuda, ümit vaat eden bölge olup kademeli olarak 5-10 MW modüler birimler izleyen ilk 30 MW aşaması, ülkenin mevcut olanakları alanında ele alınmalıdır. Bu alandaki mevcut İzlanda projesi önümüzdeki 3 yıl içinde 50 MW beklenen bir ilk güç olarak gerçekleştirilebilir. Obock tesisindeki çalışmalardan, toplanan ilk endeksler (ön jeokimyasal çalışma) pozitifdir, kısa vadede bir keşif

aşamasının programlanmasını önerebiliriz (jeokimya, jeoloji, jeofizik ve bazı derin sondajlar). Bu çalışmalardan sonra inşaatı projelendirme 5 MW pilot jeotermal santrali yapılmalıdır.

Dikhil tesisinde geçmişte keşif sondajı yapılmış olmasına rağmen, bu proje daha önce olduğu gibi aynı yaklaşım benzer bir güçle ele alınabilir. Son olarak, Arta tesisinde, aynı bağlamda, küçük modüler ünitelerin birkaç yüz kilovatlık düzende birkaç megavat seviyesine kadar kurulması planlanabilir.

- Tavsiyeler

Enerji sektörünün mevcut durumu ve ülkenin yenilenebilir enerji potansiyeli göz önüne alındığında, aşağıdaki seçenekleri öneririz: :

- Bu elektrik ara bağlantı projesi Etiyopya ile bölgesel entegrasyon için diğer Doğu Afrika rift ülkelerine kadar genişletilmesi işini kapsamaktadır (yarıgın jeotermal potansiyeli 6.500 MW olarak tahmin edilmektedir). Ülkemizin enerji bağımlılığımızı sınırlandırmak ve toplumda belirli bir dezavantaj sağlayan elektriğe erişimi ekonomik açıdan uygun bir maliyetle çalışmasını kolaylaştırmak için jeotermal kaynakların geliştirilmesi gereklidir.

- Bu proje merkeze uzak bölgelerdeki susuzlukla mücadele programları için kırsal kalkınmayı ve küçük rüzgâr türbini ile elde edilen enerji edimini sağlamak için güneş paneli ile fotovoltaik enerji kullanımı ile kırsal elektrifikasyonun yoğunlaştırılması projesini kapsamaktadır. Bu amaçla, kırsal kesimde nüfusun yoğun olduğu ülkenin batı kesiminde ölçüm kampanyalarına devam edilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Arnason K., Flovenz O.G.** (2000), geothermal exploration by TEM-Soundings in the central Assal rift in Djibouti, East Africa. Proceedings of World Geothermal Congress. Japan, May 28– June 10, 2000.933 pp.
- Barbut J. , Clot A. , Iundt F. , Menjoz A. , Varet J.** (1982), Report on Project DJI 78/005 ,Testing of geothermal fluids Lac Assal (Rep. of Djibouti). Phase II (UNDP Contract 197/80) Rapport BRGM – 82, SGN, 018, GTH.
- Bosch B., Deschamps J., Lopokhine M., Marce A. et Vilbert C.** (1974), *La zone géothermique du lac Asal (TFAI). Résultats de terrain et études expérimentales.* Bull. BRGM. Section II, n°:4. pp367-383. (1974).
- Demange, J. et Tazieff, H.**, (1978), - *L'“éruption « tectonique » de l'“Ardoukôba (Djibouti).* C.R. Acad. Sci., Fr, 287, pp. 1269-1272.
- Demange, J., Stieltjes, L. et Varet, J.**, (1980), - *L'“éruption d'“Asal de novembre 1978.* Bull. Soc. géol. France, (7), t. XXII, n° 6, pp. 837-843, 7 fig., 2 tabl.
- Ferry, L.**, (1980), - *Géologie et recherche d'“énergie géothermique de la République de Djibouti* Mémoire DEA, Université P. et M. Curie, (Paris VI), 57 p., 25 fig., 1 carte h.-t.
- Gadalia A., Iundt F., Fabriol R.** (1982), *Exploration géologique et géochimique de la zone nord Ghoubbet (Rép. De Djibouti)* Rapport BRGM – 82, SGN, 022, GTH.
- Lépine, J.C.**, (1989), - *La sismicité de la République de Djibouti* Rev. Sci. Tech., ISERST, n° 2, pp. 15-28.
- Lépine, J.C.**, (1987), - *Répartition de la sismicité dans la zone d'“extention de Djibouti* Université de Paris VI.
- Lépine, J.C., Ruegg, J.C. et Anis A.M.**, (1980), - *Sismicité du rift d'“Asal-Ghoubbet, pendant la crise sismo-volcanique de novembre 1978.* COLLOQUE RIFT D'“ASAL, Djibouti 23-29 février 1980, Bull. Soc. Géol. Fr., (7), t. XXII, n° 6, pp. 809-816, 7 fig., 2 tabl.
- Mohamed Houmed (A.), Jalludin (M.)**, (1989), *Premiers résultats de l'“exploration géothermique, plaine du Hanle – Asal,* Rev. Sci. Techn., ISERST, n°1, pp.3 – 13, Djibouti.
- Oudin (E.), Fabriol (R.), Fouillac (C.)**, (1984), *Dépôts sulfurés dans le forage géothermique du lac Asal (Djibouti): Principaux résultats scientifiques et technique* 1984, 122 p.

- Rebeyrol (Y.)**, (1978), *Eruption volcanique près de Djibouti*, Le Monde, pp. 1 et 15, 17-11-1978
- Rebeyrol (Yvonne)**, (1978), *Naissance d'un volcan nommé Ardoukoba*, Le Monde, p.15, 22-11-1978.
- Robineau (B.)**, (1979), *La zone d'Arta et le rift d'Asal-Ghoubbet; leur étude intégrée dans le contexte géodynamique de l'Afar*, thèse, U. de Montpellier 2, 76 p.
- Ruegg, J.C.**, (1974), - *Structure profonde de la croûte terrestre au moyen de grands profils sismiques, application à l'étude de zones de distension (sud-est Afar et Massif Central Français)*. Université de Paris VI.
- Ruegg, J.C.**, (1989), - *Tectonique et mouvements du sol*. Rev. Sci. Tech. ISERST, n° 2, pp. 29-49.
- Stieltjes, L.**, (1970), - *Étude volcanique et géothermique de la région Ghoubbet al Kharâb - lac Asal (Territoire français des Afars et des Issas)*. Rapport n° 70 S.G.N., 213 G.T.H.
- Stieltjes, L.**, (1973), - *Évolution tectonique récente du rift d'Asal*. T.F.A.I. Rev. Géogr. Phys. Géol.Dyn., (2), vol. XV, fasc. 4, pp. 425-436, Paris.
- Stieltjes, L.**, (1973), - *L'axe tectono-volcanique d'Asal (Afar et Afar central)*. Thèse 3 cycle, Paris- Sud, 196 p.
- Tazieff (Haroun)**, (1979), *Le volcanisme africain actuel*, Colloque de Géologie Africaine, [Montpellier du 25 au 27 avril 1979], Résumés, 10, pp. 146-148.
- Tazieff, H.**, (1978), - *L'éruption de l'Ardoukôba*. LE RÉVEIL DE DJIBOUTI, 16 novembre 1978, pp. 5.
- Traineau H., Gadalia A.** (1984), *Deux champs géothermiques de rifts océaniques émergés : KRAFLA (Islande) et ASSAL (Djibouti). Une étude comparative des contextes géologiques et des méthodes d'exploration*. Rapport BRGM – 84, SGN, 216, IRG.
- Valette, J.N.**, (1975), - *Geochemical study of Lake Asal and Ghoubet el Kharab (T.F.A.I.)*. Afar depression of Ethiopia, Schweizeirhat, Pilger A. and Rosler A. Edit., Stuttgart, pp 239-250, 4 fig., 6 tabl.
- Valette, J.N.**, (1975), - *Le lac Abhé (TFAI): étude morphologique et géochimique*. Rapp. BRGM, série 2, n° 2, pp. 143-155.
- Varet (J.) Dir.** (1978), *Géologie de l'Afar central et méridional (Ethiopie et RDD)*, Paris, CNRS, 124 p.
- Varet (J.)**, (1978), *Géologie de l'Afar central et méridional (Ethiopie et République de Djibouti)*, C.N.R.S., Paris, 124 p.
- Varet (J.)**, (2006), *The AFAR triangle the future gulf region for world geothermal energy*, conference ARGeo, Addis-Abeba.

Zan L., Gianelli G., Passerini P., Troisi C., Abdourahman Omar Haga (1990), *Geothermal exploration in the Republic of Djibouti : thermal and geological data of the Hanlé and Asal areas*. Geothermics, vol. 19, n°6, pp. 561-582.

Damışılan Belgeler

Aquater, (1989), *Djibouti geothermal exploration project*. Republic of Djibouti Final Report. ISERST. 159pp.

Aquater, (1981), *Projet pour l'évaluation des ressources géothermiques*. Gouvernement de Djibouti ISERST. 137pp.

BRGM. (1973b), *Etude géophysique par sondages Melos et sondages électriques de la région du lac Asal (TFAI)*. 73SGN010GTH. 18pp.

BRGM. (1970), *Reconnaissance géothermique du Territoire Français des Afars et des Issas* 70SGNGTM. pp59.

BRGM. (1980), *Report on project DJI78/005. Testing on geothermal fluids. Lac Asal (République de Djibouti): Phase 1*. 80SGN400GTH. 27pp.

BRGM. (1973), *Territoire Français des Afars et des Issas: étude géochimique de la région du lac Asal*. 73SGN140GTH. 32pp.

BRGM. (1975a), *Territoire Français des Afars et des Issas: rapport de fin de sondage: résultats des premiers essais de production*. 75SGN442.GTH. 18pp.

BRGM. (1975b), *Territoire Français des Afars et des Issas: rapport de fin de sondage, interprétation des données géologiques de Asal 1 et Asal 2*. 75SGN443GTH. 19pp.

CFG. (1988), *Assistance à l'ISERST dans la définition du projet géothermie d'Asal. République de Djibouti* 88CFG27.

CFG. (1993), *Champ géothermique d'Asal. Djibouti Synthèse des données*. 93CFG06. 87pp.

CNRS-CNR. (1973), *Geology of Northern Afar (Ethiopia)*. Rev. Géog. Phys. Géol. Dyn, (2), XV, 4, pp443-490.

Enel (1990), *Djibouti geothermal project. Report on the state of mining knowledge on the Asal zone. Proposals and recommandations*. 28pp.

Genzl. (1985), *Results of temperature gradient drilling in the Hanlé area. Djibouti* 31pp.

Geothermica. (1985), *Interprétation of gradient wells data. Hanlé plain. Republic of Djibouti* 29pp.

Orkustofnun. (1988), *Geothermal resistivity survey in the Asal rift in Djibouti Vol. I and Vol. II*.

Virkir-Orkint. (1990), Djibouti Geothermal scaling and corrosion study. Final report.
109pp.

Haritacılık

Demange, J. et Stieltjes, L., 1975. - Géologie de la région sud-ouest du T.F.A.I. (région lac Abhé - lac Asal). Bull. BRGM, 2, IV, n°2, pp. 83-119, 20 fig. 2 tabl, 4 pl. photo, 1 carte h.- t.

Demange, J., Di Paola, G.M., et Stieltjes, L., 1971. - Carte géologique de la région du Lac Abhé - Lac Asal, T.F.A.I. B.R.G.M.

Institut Géographique National – 1955. Carte de la Côte Française des Somalis. Abhé Bad : feuille NC-37-XXIV-2, échelle : 1 :100 000.

Institut Géographique National – 1956. Carte de la Côte Française des Somalis. Gamarri : feuille NC-37-XXIV-4, échelle : 1 :100 000.

Institut Géographique National – 1961. Carte de la Côte Française des Somalis. Territoire Français des Afars et des Issas. Assal : feuille NC-38-XIX-3, échelle :1 :100 000.

Institut Géographique National – 1962. Carte de la Côte Française des Somalis. Territoire Français des Afars et des Issas. Djibouti : feuille NC-38-XX-3, échelle :1 :100 000.

Institut Géographique National – 1985. Carte de la Côte Française des Somalis. Territoire Français des Afars et des Issas. Tadjourah : feuille NC-38-XIX-4, échelle : 1 :100 000.

Institut Géographique National – 1986. Carte de la Côte Française des Somalis. Territoire Français des Afars et des Issas. Ali-Sabieh : feuille NC-38-XIX-2, échelle :1 :100 000.

Institut Géographique National – 1987. Carte de la Côte Française des Somalis. Territoire Français des Afars et des Issas. Dikhil : feuille NC-38-XIX-1, échelle : 1 :100 000.

Institut Géographique National – 1992. Carte Générale de Djibouti Echelle : 1 :200 000. Les spéciales de l'IGN, Pays et Villes du Monde, Edition 1, Paris.

Institut Géographique National – 1995. Carte de la Côte Française des Somalis. Territoire Français des Afars et des Issas. Khor Angar : feuille ND-38-II-1, échelle : 1 :100 000.

Institut Géographique National – 1995. Carte de la Côte Française des Somalis. Territoire Français des Afars et des Issas. Daddato : feuille ND-38-I-2, échelle : 1 :100 000.

Institut Géographique National – 1995. Carte de la Côte Française des Somalis. Territoire Français des Afars et des Issas. Dorra : feuille ND-38-I-1, échelle : 1 :100 000.

Stieltjes L. – non datée Carte géologique du rift d'Assal, Djibouti Dépression Afar, Est Africain. Echelle : 1 :50 000. CNRS – ISERST.

Souleiman Farah Lodon, Trampont (Jacques), Carte scolaire murale de la RDD au 1/500000ème, physique (recto), économie et administration (verso), Hatier, mars 1985. Réactualisée

Web Siteleri

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (France): <http://www.ademe.fr/>, alındığı tarih: 13.06.2012

Association Allemande pour la Géothermie : <http://www.geothermie.de/>: 5.01.2000

Commission Mondiale sur l'Environnement et le Développement : <http://www.agera21.org/>, alındığı tarih: 10.03.2010

Département Américain de l'Energie : <http://www.eren.doe.gov/geothermal/>, alındığı tarih: 22.07.2005

Direction des Statistiques (Djibouti): <http://www.disep.org/>, alındığı tarih: 11.05.2013

Geo-Heat Center (Etats Unis) : <http://www.oit.edu/~geoheat/>, alındığı tarih: 09.02.2011

Géologie de Djibouti : <http://www.jpj-imagine.com/>, alındığı tarih: 03.12.2010

Geothermal Resources Council (Etats Unis) : <http://www.geothermal.org/>, alındığı tarih: 25.08.2014

International Geothermal Association (IGA): <http://iga.igg.cnr.it/>, alındığı tarih: 05.07.2009

Office du tourisme de Djibouti : <http://www.office-tourisme.dj/>, alındığı tarih: 28.04.2007

Office Fédéral Suisse de l'Energie : <http://www.geothermal-energy.ch/>, alındığı tarih: 20.11.2012

Systèmes solaires (France) : <http://www.systemes-solaires.com/>, alındığı tarih: 18.09.2015

Worldbank. *Document Stratégique de Réduction de la Pauvreté (DSRP) à Djibouti* Washington, DC. 2004. <http://poverty.worldbank.org/prsp/country/49/>, alındığı tarih: 16.10.2004

ÖZGEÇMİŞ



Adı-Soyadı : Zakaria Hassan YOUSSEUF

Doğum Tarihi ve Yeri : 18.04.1992 / Cibuti

E-posta : yahyahassan@hotmail.fr

Telefon : +905395740508

Öğrenim Durumu

Lisans : 2015, Cibuti Üniversitesi, Fen Bilimleri, Kimya Bölümü

Yüksek lisans : 2017-2019 İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri, Makine Mühendisliği Bölümü

Deneyimler

- Ulusal Gıda Analiz Laboratuvarı (LANAA): 2014, 1-30 Haziran tarihleri arasında 30 gün staj
- Cibuti Eğitim ve Araştırma Merkezi (CERD): 2016, 01 Şubat-10 Mart tarihleri arasında 40 gün staj

Konuştığı Diller

Somalice: Anadil düzeyinde,
Fransızca: Ana dil düzeyinde,
Türkçe: İleri düzeyde (C1- 77 Puan),
İngilizce: Başlangıç seviyesinde,
Arapça: Orta seviyede

Bilgisayar Becerileri

Word, Excel, Power Point (İleri düzeyde)

Hobileri

Kitap, Müzik, İnternet, Araştırma, Futbol