

DİĞER EKLER:

- E K : 1 -** İ.T.Ü. Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Dekanlığı yazısı.
- E K : 2 -** DOE / SANDIA 34 METER VAWT, USDA Agricultural Research Service, Bushland, Texas, (1988), (500 KW Dikey Milli "Darrieus" Türbin hk.)
- E K : 3 -** Augmented Wind Turbine (AWT): Kingston Polytechnic, İngiltere, "Güç-artırım-kanatlı" Rüzgar Türbini, Independent Energy, March 1990, sh:66.
- E K : 4 -** McLaughlin,D.K., Hughes W.L. WIND POWER, Marks' Standard Handbook For Mechanical Engineers, 1979, pp:9-164; pp:9;166.
- E K : 5 -** D.M.İ. Durum Tespit Raporu: Deney Tarihleri: 20-22/1/1993
- E K : 6 -** NACA 0021 Profil No.lu Kanat Kesiti, Theory of Wing Sections (ODTÜ Havacılık Bl. Kütüphanesi, sh:326)
- E K : 7 -** ŞENER, Y.A., TÜRKİYE 5.ci ENERJİ KONGRESİ, Teknik Oturum Tebliğleri: "Rüzgar Türbinlerinde Tasarım Gelişmeleri, "Betz Bariyeri" Aşılabilir mi?; Muhtemel Ekonomik ve Çevresel Etkileri, Cilt:4, Ankara, 1990, sh:229-246.
- E K : 8 -** Ramakumar, R., Wind Power, Standard Handbook For Electrical Engineers, Fink and Beaty, (Savonius, Darrieus, Giromill ile ilgili açıklamalar..) Mc Graw Hill, sh;11-15.
- E K : 9 -** ODTÜ, Rapor

T.C.
 İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
 Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi
 80626 Maslak, İstanbul.

Sayı: 91/1590

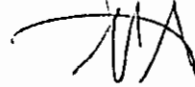
Tarih: 22 EKİM 1991

TUBİTAK Mühendislik Araştırma Grubu Başkanlığı'na,

DPT Müsteşarlık Araştırma Grubu uzmanlarından Yavuz Ali ŞENER'in "Gelibolu" ismini verdiği düşey eksenli rüzgar türbini modeli üzerinde, 17-18 Ekim 1991 tarihleri arasında, İTÜ Eiffel tipi subsonik Rüzgar Tüneli'nde ön inceleme yapılmıştır. Yönlendirme kanatları ve türbin kanatları dizaynı orjinal olan bu türbinin detaylı ve sistematik bir tarzda aerodinamik, mekanik ve verimlilik gibi farklı açılardan incelemeye değer bulunduğu tesbit edilmiştir.

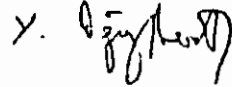
Saygılarımla arz ederim.

Doç. Dr. Veysel Atlı
 İTÜ Uçak Laboratuvarları Sorumlusu



UYGUNDUR:

Prof. Dr. A. Huri YOKSEL

Dekan Y. 

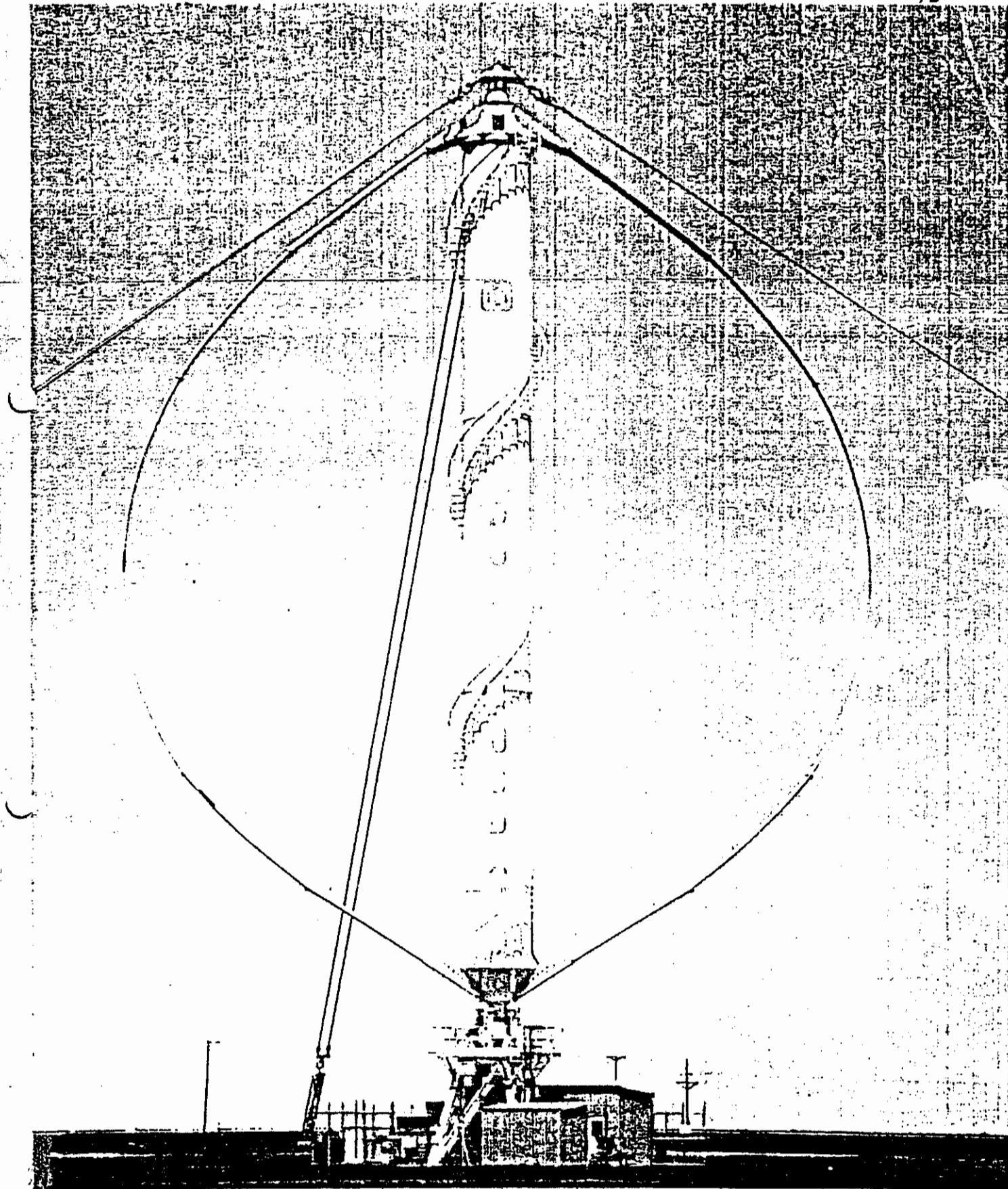
DOE/SANDIA 34 METER VAWT TEST BED

PROJECT TEAM:

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY
 SANDIA NATIONAL LABORATORIES
 U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE

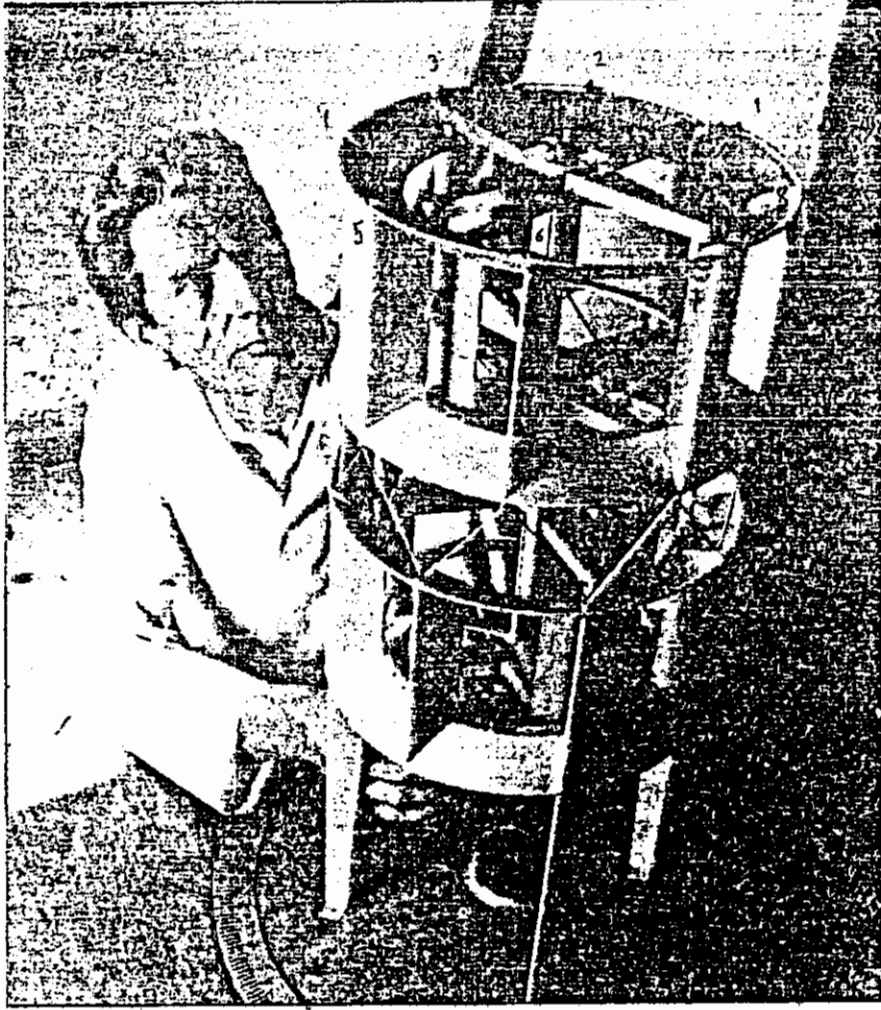
ROTOR	
DIAMETER, m	34
HEIGHT, m	50
GROUND CLEARANCE, m	7
SPEED, rpm	25 TO 40
NUMBER OF BLADES	2
DIRECTION OF ROTATION [LOOKING UPWARD]	Clockwise
BLADE MATERIAL	Extruded Aluminum
BLADE LENGTH, m	56
AERODYNAMIC CONTROL	Stall Regulated
AIRFOILS	SAND 0018/50, NACA 0021
CHORD DIMENSIONS, m	0.91, 1.07, 1.22
SWEEP AREA, m ²	955
SOLIDITY	0.13
CENTRAL COLUMN	
Material	Aluminum
Diameter, m	3
Wall Thickness, mm	12.5
GUY CABLES	
Number	6
Material	Steel Bridge Strand
Diameter, mm	64
MECHANICAL DESIGN APPROACH	
	Modular
GEAR BOX	
TYPE	Three-Stage Parallel
STEP-UP RATIO	47.5 : 1
RATING, KW	709
GENERATOR	
TYPE	Variable Speed, Synchronous AC
RATING, KVA	625
VOLTAGE	1200
SPEED, rpm	280 to 1900
FREQUENCY, Hz	60
CONTROLS	
SYSTEM	Programmable Industrial Controller
GENERATOR SPEED and TORQUE	
	Load Commutated Inverter
PERFORMANCE	
RATED POWER [ELECTRICAL] KW	500
✓ RPM AT RATED POWER	37.5
WIND SPEED AT EQUATOR, m/s	
Cut-in	4
Rated	12.5
Cut-out	20
Survival	67
Annual Average	6.4
ANNUAL ENERGY OUTPUT	
[100 percent availability], MWh	1150
DATA ACQUISITION AND ANALYSIS SYSTEM	
NUMBER OF CHANNELS	128
MAXIMUM DATA THROUGHPUT RATE, KHz	
	200

EK: 2 - DOE / SANDIA 34 METER VAWT, USDA Agricultural Research Service, Bushland, Texas, (1988), (500 KW Dikey Milli "Darrieus" Turbin)



DOE/SANDIA 34-METER VAWT TEST BED
USDA AGRICULTURAL RESEARCH SERVICE, BUSHLAND, TEXAS
DEDICATED MAY 10, 1988

GÜÇ-ARTIRIM-KANATLI (Yönelmesiz) TÜRBİN



BRITISH TUNNEL TESTING

Researchers at Kingston Polytechnic in England have design and developed a vertical axis wind machine, the Augmented Wind Turbine (AWT). It is described as "a high performance low maintenance form of wind power machine which can be operated as a small battery charger or as a grid connected constant speed machine capable of being constructed in megawatt or multi-megawatt versions."

Above, a research engineer prepares a model of a double stacked AWT for wind tunnel tests at Kingston Polytechnic.

(A W T) Türbini (İngiltere)

E K : 3 - Augmented Wind Turbine (AWT): Kingston Polytechnic, İngiltere,
"Güç-artırım-kanatlı" Rüzgar Türbini, Independent Energy, March 1990,
sh:66.

GİROMİL (= CYCLOGIRO) TÜRBİNİ

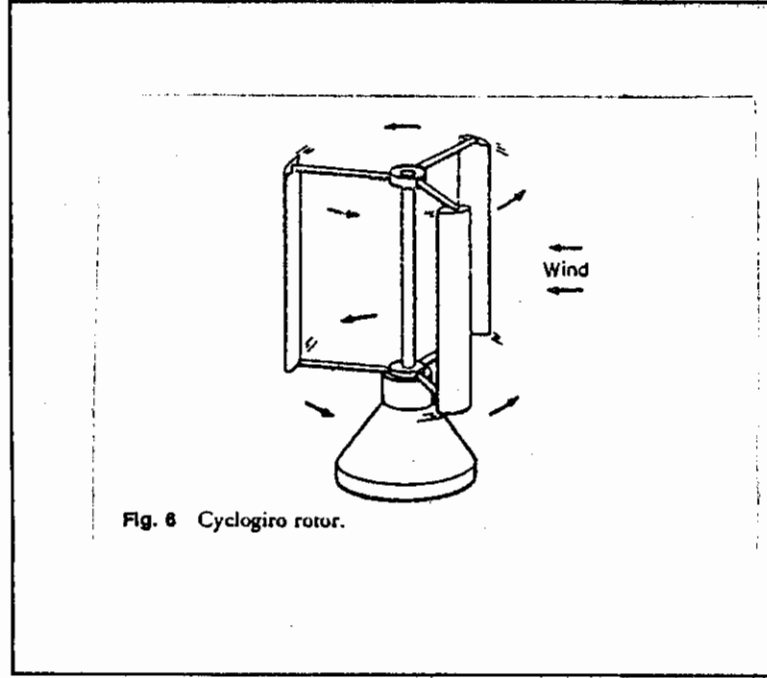
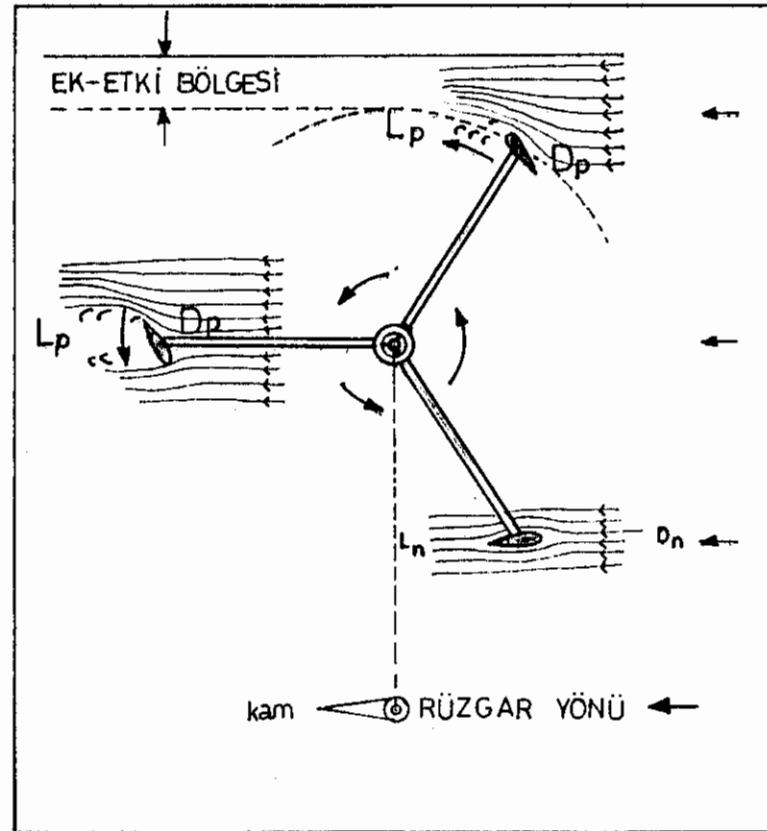


Fig. 6 Cyclogiro rotor.

RÜZGARA YÖNELME, KAM-MEKANİZMASI İLE SAĞLANIR.



ÇALIŞMA PRENSİBİ

Deney Tarihi: 20.1.1993
22.1.1993

DURUM TESPİTİ

Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü rüzgar tüneline, Yavuz Ali ŞENER tarafından getirilen rüzgar türbini ile ilgili deneme, nezaretimiz altında aşağıda belirlenen aşamalarda test edilmiştir:

1. Aşama : Üç adet NACA 0021 profil olduğu beyan edilen DARRIEUS tipi kanatlar ile yapılan deneyler:
 - A) Kanatlar boşta dönerken,
 - B) Kanatlar alternatör rotorunu döndürürken,
 - C) Kanatlar alternatörden elektrik üretirken,
 2. Aşama : Yukarıdaki üç adet kanadın dışında, ayrıca yataklanmış ve bağımsız olarak dönebilen GELİBOLU tipi yöneltme kanatları ile kombine edilmiş halinde yapılan deneyler:
 - A) Kanatlar boşta dönerken,
 - B) Kanatlar alternatör rotorunu döndürürken,
 - C) Kanatlar alternatörden elektrik üretirken,
- Tur sayıları elektronik bir turmetre ile tespit edilmiştir.
- Rüzgar hızları, aşağıda isimleri belirtilen DMİ görevlileri tarafından ayarlanmıştır.

SONUÇLAR:

1. Aşama : DARRIEUS kanatlarla:

A) Kanatlar boşta dönerken,

<u>m/s rüzgar hızları</u>	<u>Tur sayıları ortalaması</u>
8.8 m/s	26 Tur/Dakika
10.3 m/s	54 Tur/Dakika
12 m/s	101 Tur/Dakika
13.6 m/s	166 Tur/Dakika
15.2 m/s	671 Tur/Dakika

B) Kanatlar alternatör rotorunu döndürürken,

18.3 m/s	34 Tur/Dakika
19.3 m/s	53 Tur/Dakika
20.4 m/s	72 Tur/Dakika
21.8 m/s	105 Tur/Dakika
22.8 m/s	152 Tur/Dakika
23.8 m/s	219 Tur/Dakika
25.6 m/s	319 Tur/Dakika

C) Kanatlar alternatörden elektrik üretirken,

25.6 m/s	-- Tur/Dakika
27 m/s	42 Tur/Dakika

2. Aşama : GELİBOLU Kombinasyonu ile,

A) Kanatlar boşta dönerken,

<u>m/s rüzgar hızları</u>	<u>Tur sayıları ortalaması</u>
4 m/s	41 Tur/Dakika
5.1 m/s	92 Tur/Dakika
6 m/s	120 Tur/Dakika
7.25 m/s	266 Tur/Dakika
8.15 m/s	364 Tur/Dakika
8.95 m/s	665 Tur/Dakika
10.2 m/s	774 Tur/Dakika
11.3 m/s	857 Tur/Dakika
12.6 m/s	988 Tur/Dakika
13.7 m/s	1069 Tur/Dakika

B) Kanatlar alternatör rotorunu döndürürken,

11 m/s	24 Tur/Dakika
12 m/s	95 Tur/Dakika
13 m/s	142 Tur/Dakika
14 m/s	205 Tur/Dakika
15 m/s	255 Tur/Dakika
16 m/s	310 Tur/Dakika
17 m/s	354 Tur/Dakika
18 m/s	418 Tur/Dakika
19 m/s	780 Tur/Dakika
20 m/s	873 Tur/Dakika

C) Kanatlar alternatörden elektrik üretirken,

20 m/s	224 Tur/Dakika
21 m/s	264 Tur/Dakika
22 m/s	314 Tur/Dakika
23 m/s	354 Tur/Dakika
24 m/s	384 Tur/Dakika
25 m/s	433 Tur/Dakika

Yukarıdaki deneyler ve tespitler nezaretimizde yapılmıştır.

DMI Yetkilisi

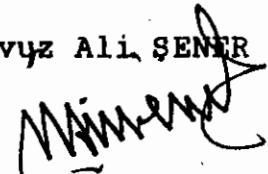
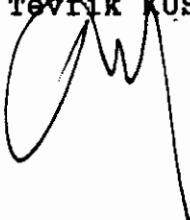
DMI Yetkilisi

Proje Sorumlusu

Tevfik KÜSKÜ

Faruk ŞANLI

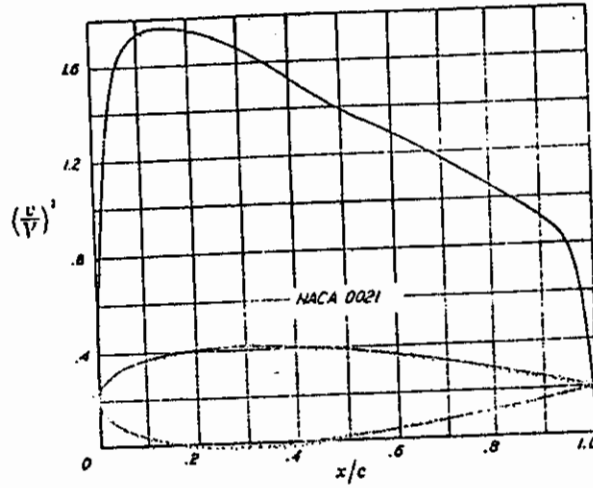
Yavuz Ali ŞENER



C HBRD

326

THEORY OF WING SECTIONS



x (per cent c)	y (per cent c)	$(t/V)^2$	t/V	$\Delta r_a/V$
0	0	0	0	1.167
0.5	0.397	0.630	1.065
1.25	3.315	0.787	0.887	0.946
2.5	4.576	1.182	1.087	0.818
5.0	6.221	1.543	1.242	0.648
7.5	7.350	1.682	1.297	0.550
10	8.195	1.734	1.317	0.478
15	9.354	1.756	1.325	0.381
20	10.040	1.742	1.320	0.320
25	10.397	1.706	1.306	0.274
30	10.504	1.664	1.290	0.238
40	10.156	1.538	1.240	0.183
50	9.265	1.388	1.178	0.142
60	7.986	1.234	1.133	0.111
70	6.412	1.177	1.085	0.084
80	4.591	1.055	1.027	0.061
90	2.534	0.916	0.957	0.037
95	1.412	0.801	0.895	0.023
100	0.221	0	0	0

L.E. radius: 4.85 per cent c

NACA 0021 Basic Thickness Form

The Savonius rotor consists of an S-shaped metal airfoil, supported between two circular end plates. Air impinging on the concave side is circulated through the center of the rotor to the back of the convex side, thus decreasing a high-negative-pressure region which would otherwise result. Tip-speed ratios typically range from 1 to 2, and efficiencies are around 30%. These rotors are self-starting and perform somewhat like a two-stage turbine. Ratio of height to diameter (aspect ratio) is usually less than 3.

The Darrieus rotor has two or more curved airfoil blades, held together at top and bottom and positioned such that it can accept wind from any direction. Physically, it resembles the lower section of an eggbeater. These rotors are not self-starting, operate at tip-speed ratios of 6 to 8, and have efficiencies around 35%. Recently, Sandia Laboratories in Albuquerque, N.M., built and tested an experimental prototype Darrieus unit combined with a Savonius rotor for self-starting.

A giromill consists of a set of vertical blades attached to the axis by means of support arms at the top, bottom, and middle (if necessary). As the rotor rotates these arms in a circular path, the orientation of the blades is changed to achieve maximum force from the wind. The blades must be flipped from a positive to a negative orientation twice each revolution, at diametrically opposite points. The rotor easily adapts to a change in wind direction and can convert over 60% of the kinetic energy in a wind-stream tube having a cross-sectional area equal to rotor diameter times the span (height). This high efficiency is the result of the giromill affecting not only this wind-stream area, but also an additional area due to lift action of the blades. McDonnell Douglas Corporation of St. Louis, Mo., is studying this concept for the Energy Research and Development Administration.

In the tornado system, wind energy is collected by a stationary tower and a vortex (or tornado) is formed in the center of the tower by properly directing the wind by opening vanes in the windward side and closing in the back side. This vortex creates a low-pressure core directly above a horizontal turbine located at the throat of an inlet that is open at the bottom with a bellmouth shape. With a large vortex strength, a significant pressure difference can be maintained across the turbine. This large pressure difference results in high air velocities and high power densities. The inventors at Grumman Aircraft Company claim power outputs up to several hundred MW or higher are possible with single units. If this concept is proved by building a large enough experimental prototype, the possibility of very large units will be a significant advantage compared with conventional designs.

28. Wind to Electrical Energy Conversion. Three basic factors must be considered in selecting the proper system for generation of electrical energy from wind. They are:

- a. Type of output: dc, variable-frequency ac, or constant-frequency ac.
- b. Aeroturbine rotational speed: constant speed with variable-pitch blades, nearly constant speed with simpler pitch-changing mechanisms, or variable speed with fixed-pitch blades.
- c. Utilization of the electrical-energy output: battery storage, other forms of storage, or interconnection with conventional utility grid.

Initial large-scale generation of electrical energy from wind is expected to be in constant-frequency ac form, to be fed synchronously into an existing utility grid. This does not involve energy storage (except in the form of fuel saved), and present economics heavily favors this approach. For this application, the choice of electrical subsystem boils down to either a constant-speed constant-frequency (CSCF) system or a variable-speed constant-frequency (VSCF) system. The historic Smith-Putnam 1.25-MW unit (Grandpa's Knob near Rutland, Vt.; 1941-1945) and ERDA/NASA's 100-kW installation at Plum Brook near Sandusky, Ohio (1975) both employed constant-speed turbines and conventional synchronous machines.

Recent advances in solid-state power-switching technology and the availability of economical high-power devices such as diodes and thyristors have initiated an interest in the possibility of allowing the aeroturbine speed to vary optimally with wind and employing variable-speed constant-frequency (VSCF) generating systems to obtain electrical energy at the required fixed frequency to be pumped into existing utility mains (see Par. 53).

The advantages of this approach are (a) simpler and more economical mechanical arrangement for the aeroturbine because of the lack of complex pitch-changing mechanisms, (b) operation of the aeroturbine always at its maximum efficiency point (constant



TÜRKİYE 5. ENERJİ KONGRESİ

TEKNİK OTURUM TEBLİĞLERİ

4

533.79
TÜRK 1990
C.4

22 - 26 Ekim 1990
Ankara

RÜZGAR TÜRBİNLERİNDE TASARIM GELİŞMELERİ
"BETZ HANCIYI AŞILARILIR MI ?"
MÜHTEMEL EKONOMİK VE ÇEVRESSEL ETKİLERİ:

Yavuz Ali Sener
DPT, Müsteşarlık Araştırma Grubu

ÖZ

Hava akımlarında mevcut enerjiyi yüksek verimlilik ve yüksek kapasite kullanımı ile yararlı bir enerjiye dönüştürmek, ancak yeni rüzgar türbin tasarımları ile mümkündür.

Bu tebliğ ile, "GLOBOLU" rüzgar türbini tasarımı önerisi sunulmaktadır. Silindirik kütleli, "GLOBOLU" rüzgar türbini tasarım modelinin verimlilik ve kapasite faktörü açısından, literatürde yer alan diğer türbin modelleri arasında bazı üstünlükler gösterdiği izlenmektedir. Bu tür geliştirmelerle rüzgar türbinlerinin kapasite maliyetinin düşürülmesi mümkün olabilir. Ayrıca bu türbin, yerel olanaklarla seri üretim, bakım ve onarım kolaylıkları getirmektedir:

Rüzgar türbinlerinde "Betz Limiti"nin yalnızca yatay akslı pervaneli rüzgar türbin sistemleri için geçerli olduğu düşünülmektedir. Dolayısı ile rüzgar türbinleri için % 59.26 olarak belirtilen verimlilik sınırı, diğer türlerdeki (dikey akslı, hacimsel) rüzgar türbinleri için bir kısıt teşkil etmemelidir.

Hacimsel şekilde tasaranan kütleli rüzgar türbinlerinde, türbinin verimliliğinin hesaplanmasında, sadece türbinin kesit alanının esas alınması eksik sonuçlar verebilir; cismin

etkilediği hava akımlarının "etki bölgesinden" geçen akımlar da dikkate alınmalıdır.

Doğru güç bakımından bol bir kaynak olan rüzgar enerjisi, dahu verimli ve yüksek kapasite kullanım olanakları sunan türbinlerin seri üretimleri ile, toplumumuza pek çok daldaki yeni ekonomik ve sosyal olanaklar sağlayabilir. Rüzgar enerjisi, yakıttan, çevre kirlotici kaynaklardan tasarruf sağlayabileceği gibi, çevre üzerinde olumlu-yapıcı etkilerin gelişmesine yardımcı olur ve yeni teknolojilerin gelişmesi için de etkili bir güç olabilir.

Rüzgar enerjisinin ekonomik ve sosyal muhtemel olumlu etkilerinin ve bu konudaki son gelişmelerin devletimiz tarafından da dikkatle araştırılarak olumlu yönlerinin ortaya çıkarılmasında, bunların geliştirilmesinde, teşvik ve desteklenerek faydalarının artırılmasında ve bu enerji kaynağının da topluma mal edilmesinde ulusal faydalar bulunduğu düşünülmektedir.

I- RÜZGAR TÜRBİNLERİNDE VERİMLİLİK SINIRLARI:

A - "BETZ LIMITİ"

1-DURUM

Yatay akslı rüzgar türbinlerinde, pervanelerin taradığı alanın, yaklaşık pervane çapının $\frac{1}{3}$ 'ü kadar bir alanıdır. Bu alanın hava akımları ile beslendiği düşünülüründe, türbin tarafından elde edilebilecek en yüksek güç, A.Betz tarafından matematisel olarak hesaplanmıştır. Bu maksimum güç, varsayılan silindirik içinden

230

gelecek pervanelerin taradığı alana yönelen hava akımlarının sahip bulunduğu tüm kinetik enerjinin %59,26'ıdır (1) (2). Bu kural yatay akslı pervaneli türbin sistemleri için bir kesinlik ifade etmekte olup, bu tür sistemlerde tüm tasarım gelişmeleri, bu maksimum verimliliğe erişebilmek için yapılmaktadır.

2- GÖRÜŞLER

Hava kütleleri kurşunştıkları cisimler tarafından yönlendirilir. Dolayısı ile sahip buldukları enerji cismin ön yüzünde bir basınç artışına yol açarken, cismin çevresinden geçen hava kütlelerinin yönlendirilmesinde cismin yanlarına sepiştirilmesi ve böylece cismin arkasında bulunan havanın da bu kütleler tarafından kısmen taşınması nedeniyle cismin arkasında bir vakum (çokso) etkisinin oluşmasına neden olurlar.

Burada, Arşimet Kanununun ve fizikte yer alan "au trombu" cisminin hatırlanması ve hava akımlarına adapte edilerek düşünülmesinde yarar vardır. Yukarıda söz edilen basınç ve vakum etkileri nedeniyle, hava akımlarının önüne, uygun şekilde tasarlanmış olan, dikey akslı, silindirik bir rüzgar türbini koyulduğunda, bu güçlerden, türbin kanatlarının önden itilmesinde ve arkadan da vakum nedeniyle çekilmesinde, böylece türbinin daha verimli çalışmasında yararlanılabilir. Böyle bir rüzgar türbin sistemi, sadece kendi kesit alanına yönelik hava akımlarının gücünden değil, çevresinden, hatta üstünden geçen ve "etkilenmiş" olan hava akımlarının gücünden de yararlanabilecektir. Bu yaklaşımla yeni tasarım alternatifleri üzerinde düşünülmesi gereği

ortaya çıkmaktadır. Cisimlerin hava akımlarını etkilemesi sonucunda, cismin yüksekliğinin yaklaşık 20 katı uzaklığa kadar, cismin arkasında, vakum sebebi ile bir anafor bölgesi oluşur.(Şekil-1).

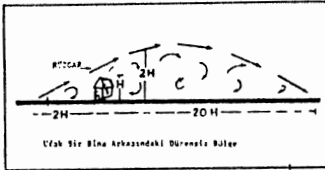
Şekil 2'de, cismin hava akımlarına yönelik kesit alanına oranla, cismin etkileyerek saptırdığı, çevreden geçen hava akımlarının geniş bir "Etki bölgesi ve kesiti" oluşturduğu gözlenmektedir. Bu durumda bu etki bölgesini de, güç elde etmeye yönelik olumlu katkı, bakımından dikkate almak gerekmektedir. Bu bölgeden geçen hava akımları da aerodinamik yapıtı silindirik (hacimsel) şekilde tasarlanmış bulunan rüzgar türbinleri üzerinde olumlu güç etkileri sağlayabilecektir.(Şekil 3) Dolayısıyla, rüzgar türbinlerinin verimliliklerinin, rüzgara yönelik kesitleri dikkate alınarak değil, yölerinden saptırıldığı hava akımlarının kesit alanına (etki bölgesine) göre hesaplanarak değerlendirilmesinin daha geçerli olacağı düşünülmektedir.

B "BETZ LİMİTİ" NİN SINIRLARI

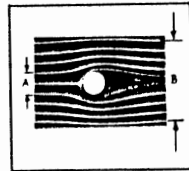
Hacimsel tarza yapan rüzgar türbinlerinde, hava akımlarının türbin tarafından saptırılması nedeni ile türbinin arka tarafındaki hava kütleleri de emilerek götürülmekte ve basınç düşmektedir. Dolayısıyla, bu basınç farklarından uygun şekilde tasarlanmış rüzgar türbinlerinin yararlanması halinde, daha geniş bir etki bölgesinin de enerjisi verimliliğe katkıda bulunmuş olacaktır. Bu verimliliğin ise BETZ limiti ile ifade edilen bir sınırlanması ve sınırlandırılması mümkün değildir. Hacimsel

232

tarzlı rüzgar türbinlerinde verimliliğinin hesaplanmasında cismin kesit alanı değil, etki bölgesinin kesit alanı esas alınmasının daha geçerli olacağı düşünülmektedir.



ŞEKİL 1. Cisimler, rüzgar yönünü saptırır. Çevreden geçen hava akımları cismin arkasında vakum ve anafor oluşur.



ŞEKİL 2. Silindirik cisimlerle hava akımlarını saptırması: "A-Kesit Bölgesi" "B-Etki Bölgesi" bölgelerinin karşılaştırılması.

II- TASARIM ÖNERİSİ:

Mevcut türbinlerin verimliliklerini ve kapasite faktörlerini ezami sınır kabul ederek, bundan fazlasının elde edilmesinin mümkün olmayacağını düşünmek, bu büyük enerji kaynağının insanlığın istifadesinden uzak tutulması sonucuna yol açar. EK-1'de rüzgar türbinlerinin muhtelif tiplerini ve çalışma şekillerini gösteren bir derleme yer almaktadır.

233

"Çanakkale Şehitlerimizin Aziz Hatıralarına.."

1 - "GELİBOLU" Türbin Tasarımı:

Yukarıda belirtildiği şekilde hava akımlarının yönlerinin, saptırılması ve oluşan ek güçten olumlu yönde yararlanması fikri etrafında, aşağıda detayları belirtilen tasarım üzerinde çalışılmıştır:

"Gelibolu" modeli türbin tasarımında, rüzgarın önüne hacimsel bir küllonun koyulması esas alınmıştır. Hava akımları dikey akslı silindirik türbinin içerisine kısmen girerek güç kanatlarını geriye doğru süpürmekte, bir kısmı ise, yöneltme kanatları tarafından türbin dışına saptırılarak güç kanatları üzerindeki olumsuz (durdurucu) etkisi kaldırılmaktadır. Ancak, saptırılan bu hava akımları, bu defa da türbinin arkasında vakum oluşturarak güç kanatlarını arkalarından çekmekte (lift-kaldırma etkisi), böylece türbin tümü ile olumlu kuvvetlerden yararlanması imkanı kazanmış olmaktadır.

2 - YAPISI ve ÇALIŞMA PRİNSİBİ

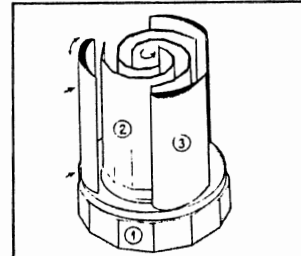
Sistem üç ana üniteden oluşmaktadır:

- 1- Taşıyıcı Ünite (Güç Ünitesi dahil)
- 2- Güç Kanatları
- 3- Yöneltme Kanatları

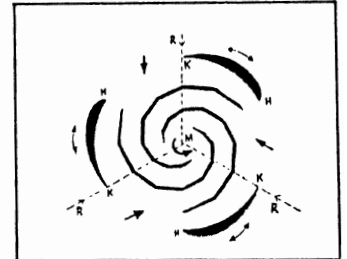
Dikey akslı ve silindirik yapıda olan "GELİBOLU" türbin sistemi, taşıyıcı ünite tarafından aynı merkezden yataklanmış olan fakat

234

birbirinden bağımsız hareket edebilen iki ayrı kanat gurubundan (Güç kanatları ve Yöneltme kanatları) oluşmaktadır. (Şekil 4)



ŞEKİL 3. "GELİBOLU" rüzgar türbini modeli: (1- Taşıyıcı Ünite, 2- Güç Kanatları, 3- Yöneltme Kanatları)..



ŞEKİL 4. "GELİBOLU" türbininde "Rüzgar yöneltme", "Yöneltme kanatları" tarafından kendiliğinden sağlanır; rüzgar yönünde düzenli helix.

Taşıyıcı ünite, rüzgar türbininin yeryüzü ile hacimsel bağlantısını sağlamakta, sistemin olumsuz yüklerini (vakum karşı yük) taşımakta, yöneltme kanatlarına ve güç kanatlarına yataklık görevi yapmaktadır. Yöneltme kanatları, aerodinamik yapıtı nedeni ile, rüzgar yönüne göre kendiliğinden, merkezdeki yataklama üzerinde dönerek hava akımlarını türbin içine 180 derecelik bir yarı çemberden bölgeden akmasını yol vermekte, buna karşılık, diğer 180 derecelik bölgeyi kapatarak, olumsuz rüzgar güçlerinin türbin içerisine girmesine engel olarak bunları sistemin yanına ve arkasına atmaktadır. Aynı zamanda türbin içerisine giren ve güç kanatlarını döndürmekte olan hava akımlarını kanalize ederek bir pompa cidarı gibi görev görmektedir.

Güç kanatları, taşıyıcı ünite tarafından yataklanmış bir platform üzerinde yer alan üç adet kanat gurubundan oluşmaktadır.

235

Güç kanatları rüzgarın her yönü için daima aynı yönde dönmektedir. Kanatları taşıyan platformun merkezindeki şaft, oluşan mekanik gücü, yatakladığı taşıyıcı ünitenin alt kısmında yer alan güç ünitesine intikal ettirmektedir. Yönelme kanatları, yapısı gereği rijit yanal yüzeyler oluşturur; dışbükey özel yapıdaki sırtları rüzgar gücü ile kendiliğinden harekete geçerek ve yataklama etrafında yeterli kadar dönerek yukarıda ifade edilen yarı geçirgen kanal etkisini oluşturur. Yönelme kanatlarının bu otomatik yönelmesi sonucunda aşağıda belirtilen bir yön sıralaması oluşarak kararlı kalmakta ve her türlü rüzgar yönü ve hızı için yine kendiliğinden aynı muhafaza edilmektedir:

Yönelme: a) Rüzgar yönü, b) yönelme kanatlarının keskin kenarı (kaçış kenarı) ve c) sistemin merkezi daima bir doğru üzerinde bulunmaktadır. (Şekil-4) Bu yönelemede, üçte bir (120 şer derece) lik ihtimalle rüzgar yönüne en yakın keskin kenar, ortada kalacak şekilde birbirinin aynı üç pozisyon oluşması mümkündür.

Güç kanatları değişik türde kanat kesitlerinden oluşabilir: Hava akımları ile en fazla temas yüzeyi logaritmik yapıda bulunan kesitlerle anlaşılacağı görülmektedir. Ayrıca temas yüzeyinin, sistemin yüksekliği boyunca da arttırılabilmesi için güç kanatlarının sinüzoidal bir yapıda yukarıya doğru sarmal ve geçikmeli bir eğri de verilebilir. Bu yapı türbinin, tur nedeni ile ses yapmasını da önleyebilecektir.

236

3 - ÖZELLİKLERİ

"Gelibolu" rüzgar türbin sistemi tasarımı, aşağıda özellenen konularda bazı özellikler, farklılık ve yenilikler arzeder: (3)

a) Sistem, rüzgarın her yönü ve hızı için kendiliğinden yön ayarlaması yapabilmektedir. Bunun için ayrıca ek bir enerji sarfı gerekmekte, rüzgar gücü yeterli olmaktadır.

b) Yönelme kanatları, olumlu hava akımlarını sistem içine kanallı olarak güç kanatlarına göndermekte, olumsuz yöndeki rüzgar güçlerini ise perdelmektedir; böylece sistemin arkasına intikal eden hava akımlarının sağladığı vakum, güç kanatlarını arkularından çekerek dönme gücünü arttıran ek bir etki oluşturmaktadır.

c) Türbin, negatif yüklerin perdelenmiş olması nedeni ile çok düşük rüzgar güçlerinde harekete geçebilmekte olup, aşırı rüzgar hızlarında da sistemin kapalı olmasını gerektirmeden çalışmasını her hızda sürdürebilmektedir. Bu durumda güç ünitesinin de kapasitesi oranında, türbin, üretimine devam edebilecek olup, türbin kendi yapısı gereği üretimi kesmek zorunda değildir. Dolayısı ile yüksek bir kapasite faktörü elde edilebilmesi mümkündür.

d) Türbin, yapısı gereği herhangi bir çapta veya yükseklikte üretilebilir.

e) "Gelibolu" türbin tasarımının tamamen yerli üretim olanakları ile yurdun her tarafında yerel malzemelerle üretilmesi mümkündür. Özel teknoloji gerektiren kanatlar ve özel malzemeler gerekmektedir. Seri üretilme elverişli olduğu gibi, yerel

malzeme ve olanaklarla, ihtiyaç miktarınca da üretilebilir.

f) Türbinin yapısında daha fazla malzeme ve işçilik kullanılmaktadır. Ancak maliyetteki bu artış, verim ve kapasite artışının altında kalmakta, yerli olanaklarla üretilebilmesi bu durumu daha olumlu hale getirmektedir.

g) Sistem, dikey akslı şaft gücü ve standard (universal) yapısı ile her türlü enerji çıktısı imkanı sunmaktadır. Söz konusu şaft gücünden her şart altında çok değişik amaçlarla yararlanmak mümkündür.

4 - ENERJİ OLANAKLARI

Güç kanatlarının şaft gücü, taşıyıcı ünitenin altında güç ünitesinde yaşam yüksekliğinde (yaklaşık insan boyu) kullanıma sunulmaktadır. Bu güç, özetle, elektrik üretimi, endüstriyel şaft gücü, pompa (kompresör), ısı ve soğuk depolama gibi kullanıma alternatiflerine olanak vermektedir.

Rüzgar enerjisinin kararlı yapıda olmaması nedeni ile, bu kesikli özelliğine uygun olarak, sağlanan mekanik enerjinin, zamandan bağımsız olarak, depolanabilir başka bir enerji şekline dönüşümünü ve bu şekli ile, sonradan dengeli bir şekilde kullanılmasını daha rasyonel hale getirmektedir. Örneğin basınçlı hava elde ederek depolamak ve basınçlı ileride ihtiyaç miktarınca kullanmak, bu arada kompresörde oluşan ısı enerjisini de ısı pompası ile değerlendirmek rasyonel bir yol olarak görülmektedir. Bu yolla elde edilecek olan hava basıncı, uygun kapasiteli bir

238

türbojeneratörde çok yüksek kapasite faktörü ile çalışabileceklerdir. Isı pompası ise güç ünitesinde oluşan her türlü ısı kayıplarından yararlanılmasını ve ısı enerjisinden herhangi bir amaçla kullanılmasını imkanı sunabilir.

5 - YEREL ÜRETİM

"Gelibolu" rüzgar türbin sisteminde, kanatlar aerodinamik özelliklere sahip olmakla beraber, bu kanatların üretim tekniği fevkalade basit olduğu gibi, yurdumuzun her yerinde kolayca bulunabilecek malzemelerle üretilebilirler. Sistem, rijit yapıda üretildiğinden, elastikiyet gerektiren parçaları bulunmadığından, malzeme yorgunluğu, kırılma vs. problemlerin doğması beklenir. Bununla beraber, her türlü bakım ve onarım, yurdumuzun teknik olanakları ile yapılabilecek özelliktedir.

III - EKONOMİK VE ÇEVRESEL ETKİLERİ

A - EKONOMİK ETKİLERİ

1- GENEL

Rüzgar enerjisi, yeryüzünün erişilebilir yüksekliklerine kadar gökyüzünden uçmakta olan kağıt paraları gibi düşünülebilir: Ne kadar yüksekçe, ne kadar verimli ve ne kadar çok süre çalışabilen türbinler, bu enerji kaynağının her olduğu yerlerde kurulabilirse, yeryüzüne indireceği para miktarı o kadar fazla olacaktır. Rüzgar enerjisi ABD'de yayınlanan resmi bir raporda en ucuz ikinci enerji kaynağı olarak tanımlanmıştır. (4). Ülkemizin ihracat gelirlerinin büyük kısmını petrole ödemekteyiz; dolayısı

ile enerji bitmeyen ihtiyacımızdır. Enerji, özellikle tasarruf sağlayıcı, hemen sonra da gelir getirici büyük etkiler oluşturan; kat kat milli gelir artışı sağlar.

Mehor birim yatırım karşılığında, daha fazla verim ve kapasite faktörü sağlayan rüzgar türbinleri, geri ödeme sürelerini daha da kısaltabilecektir.

2 EKONOMİK KULLANIM OLANAKLARI

Aynıda, rüzgar enerjisinin, daha da ucuz bir enerji haline gelmesi halinde ne tür kullanım olanaklarının açılacağı sorulmaktadır. Bunların yaygın şekilde gerçekleştirilmesi için, daha yüksek verimliliğe ve yüksek kapasite kullanımına erişilebilecek sistemlerin üretilmesi ve kullanılması ile enerjinin daha ucuz üretilmesi gerekir. Bilinen bazı sanayi üretim metodları ve sanayi proseslerine enerjinin pahalı olması nedeniyle hayvuruluştaki enerji nisbi olarak ucuz olduğunda ve yaygınlaştığında, bu metodlarla üretime girmekte tereddüt edilemeyebilir. Kullanım alanlarının bir kısmı da rüzgar enerjisinin doğal yapısına çok uygun ve onu tamamlar özelliktedir. Örneğin, biyogaz tesislerinde, kurutma ve ısı ihtiyacı rüzgar türbinlerinin şaft gücü ile kolaylıkla karşılanarak, bu tesislerin bu nedende kısın ağırlıkla önlenebilir; yaygınlaşmalarına vesile olur.

Türbinlerin yaşam yüksekliğinde şaft gücü sunması başlıca aşağıdaki kullanım olanaklarını yaygınlaştırabilir:

- Elektrik üretimi,
- Endüstriyel şaft gücü,
- Kompresör ve pompaj,
- Isı ve soğuk depolama.

240

B - ÇEVRESEL OLUMLU ETKİLERİ

1- GENEL

Günümüz, gerek sanayinin gerek enerji üretiminin, çevreyi fazlaca tahrip ettiği bir dönemdir. Bu gidişin zararları yeni yeni anlaşıldığından, çevre temizliği ve çevreye olumlu etkiler sağlayacak sanayi ve enerji dallarına tüm dünyada gerekli önem verilmeye başlanmıştır.

ABD'de 1989 Kasım ayında yayınlanan bir raporda (4), muhtelif enerji kaynaklarının, çevreye olumlu etkileri ve sosyal yararları dikkate alınarak sıralamaları yapılmıştır. En ucuz enerji, mevcut enerjinin tasarruf edilmesi ve kullanım verimliliğinin artırılmasıdır. İkinci sırada rüzgar enerjisi yer almaktadır. Bu raporda geleneksel enerji kaynaklarının şimdiye kadar gözönünde bulundurulması olan çevresel ve sosyal maliyetleri de dikkate alınmıştır.

Hava kirliliğinin toplumsal maliyeti nedir? Raporda her etkinin önem derecesi ağırlıklı olarak enerji kaynakları arasında bir sıralama yapılmıştır. Raporun ek çalışmalarının bu tür olumsuz çevresel ve sosyal etkilere, parasal bir değer tayin etmek üzere sürdürüldüğü bildirilmektedir. (4)

"Olması devlet cihanda bir nefes sıhhat gibi.."

"Temiz hava sağlığı" için ne değer biçileceğini hep birlikte görmeyi umalım.

241

2- OLANAKLAR:

Rüzgar türbinlerinde yeni tasarım alternatiflerinin yüksek kapasite kullanımı ve verimlilikle ucuz enerji sağlanması durumunda, bu türbinler kendilerine yapılan yatırımların kısa sürede geri ödenmesine imkan verecekleri gibi, bu teknoloji, yeni iş olanakları getirebilecek, ülke üzerinde hemen her tarafta yerel malzeme ve teknik imkanlarla üretim, bakım ve onarımları gerçekleştirebilecektir. Yabancı teknolojiye ihtiyaç olmadan yurdumuzun birçok yerinde üretim fabrika ve atölyeleri açılabilir.

Ayrıca türbinlerin sağladığı enerji çıktısı olan elektrik, mekanik güç ve diğer kullanım olanakları, fayda üretirken, yeni iş olanakları ve enerji ucuzluğu da sağlayabilecektir; kırsal kesimde de her türlü üretimin yaygınlaşması, gelişmesi, dolayısıyla milli gelir artışı olanakları doğabilecektir.

IV - SONUÇ VE ÖNERİLER

A - ARASTIRMA, GELİŞTİRME, YAYGINLAŞTIRMA

Enerji, talebi hiçbir zaman tükenmeyecek olan bir ihtiyacımız olduğuna göre, bunu sağlayacak araştırma çabalarını yurt dışından beklemek, sonra da lisans altında almak, ülkemize haksızlık olur.

1- DEVLET DESTEĞİ

Tüm dünyada rüzgar enerjisi fevkalade ciddiye kazanmakta iken, ülkemizde de her türlü enerji üretimi ve rüzgardan enerji üretiminin her türlü imkanı teşvik ve desteklenmesinin rasyonel

242

olacağı düşünülmektedir. Enerji Fonları ve Kamu Ortaklığı İmkanları ile pilot projeler ve tanıtım (demonstrasyon) projeleri gerçekleştirilmeli, halka ve özel sektöre örnek olunmalıdır.

2- ÜRETİM SİSTEMLERİNİN YAYGINLAŞTIRILMASI

Büyük kapasiteli sistemler, kamu desteği ile gerçekleştirilmeli ve elektrik üretimine yönelik olanlar ana elektrik sisteminde katkıda bulunmak amacı ile inşaat edilmeli ve yaygın olarak kullanılmalıdır. Kamu kaynakları ile büyük sistemlerin üretimi ve yaygınlaştırılması mümkündür. Megawatt düzeyinde büyük rüzgar türbinleri içerisinde, yüksek kapasite kullanımı ve verimliliğe sahip olan sistemlerin, hidroelektrik, termik ve doğal gaz santralleri ile kolayca rekabet etmesi ve öne geçmesi mümkün olabilir. Bu hususların araştırma projeleri ile etüd edilmesi gerekir. Ayrıca teknik bakımdan uygun bulunan sistemlerin, ekonomiye muhtemel katkılarının, mali ve sosyo-ekonomik araştırmaların bütünleştirilmesi gerekir. Sonuçların olumlu olması halinde, yararlanılması ve yaygınlaştırılması ulusal bir görev olacaktır.

B - TASARIMLARIN ULUSLARARASI DÜZEYDE KORUNMASI

Yurdumuz olanakları ile, gerek kamu kuruluşlarında, gerek özel kuruluş ve şahıslar tarafından yapılan her türlü geliştirme, buluş ve katkılar, gerek yurt içinde, gerek uluslararası düzeydeki patent kuruluşları nezdinde patent hakları temsali suretiyle bizzat devlet tarafından korunma altına alınmalıdır. Bu yapılmadığı takdirde, geliştirilen ve tatbik değeri olan ekonomik,

243

teknik ve stratejik bakımdan önemli buluşlar, diğer uluslar tarafından kolayca sahiplenilebilecektir. Bu durumda, ileride ülkemizin öz varlığından oluşan buluşları kullanabilmek için, onları sahiplenilen uluslara lisans bedelleri ödemek durumunda kalmamalıyız. Bu kapsamda buluşlar ulusumuza mülkiyetli, devletimizin gözetimi altında, ulusumuzun ihtiyaçları için koordineli şekilde kamu ve özel kuruluşlarımız tarafından kullanılmalıdır.

C. TEŞVİK- KORUMA, YASA DESTEĞİ

Özellikle rüzgar enerjisinde birçok ülkeler yoğun teşvik ve destek sağlamaktadır. Danimarka, standart rüzgar türbinlerinin belediye arazisi üzerinde kurulması halinde, yatırımı % 30'a kadar sübvansé etmekteydi. Bu durum, enerji yatırımlarını ve standartlaşmayı da teşvik etmektedir.

Enerji yatırımlarının tümünde olduğu gibi, rüzgar enerjisinde de, ulusal ekonomiden enerji üretim alanına yapılacak olan yatırımlar, üretilen enerjinin, milli gelir artışı olarak direkt katkısı nedeni ile, makro düzeyde, topluma kısa sürede geri dönmektedir. Ancak spesifik yatırımlar, bu sürede, henüz yatırım bedelini geri alamamış olduğundan, bunları da bu süre içinde teşvik ve mali yönden desteklemek, ekonomi için bir görev olmaktadır. Toplum bu sürede yatırdığı milli kaynakları geri kazanmış veya kazanmaktadır. Bu önemli noktanın ışığı altında, gerekli mevzuat değişiklikleri sık sık gözden geçirilerek, günün gelişen ihtiyaçlarına göre rasyonelleştirmeler yapılmalıdır.

Özellikle üretimde, bakım ve onarımda standartlaşmanın mevzuat


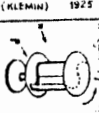
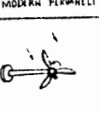
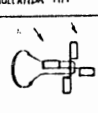





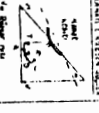





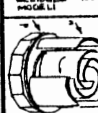

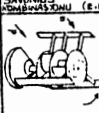
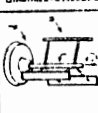
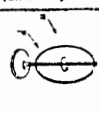










kapsamına hızla alınması uygun olur.

Rüzgar Enerjini Cıflıkları veya sabit üretimi olarak gerçekleştirilen elektrik üretimi, enterkonnekte elektrik şebekesi ile devlet tarafından satın alınmalıdır; mahallinde kullanımına da belirli kurallara bağlanarak, üreticiye gelir sağlayıcı bir şekilde imkân tanınmalıdır. Enerji üretiminin (elektrik, vs), toplum yararları göz önünde tutularak üreticiyi ve toplumu en fazla şekilde yararlandırabilecek bir fiyat bedel (avoided cost) üzerinden satın alınmasına imkân sağlanmalıdır.

REFERANSLAR:

- 1- McLaughlin, D.K. Hughes, W.L. "WIND POWER", Marks' Standard Handbook For Mechanical Engineers, Sh: 9 164, McGraw-Hill, 1979
- 2- Yavuzcan, G., "Tarımda Doğal Enerji kaynakları", Ziraat Fakültesi yayınıları: 876, Sh: 36, Ankara, 1983.
- 3- Şener, Y.A., "Türkiye'de Rüzgar Enerjisinden Yararlanma İmkânları", Türkiye IV. Enerji Kongresi, Teknik Oturma Tebliğleri 1, Sh: 377, İzmir, 1986
- 4- Gipe, P., "Wind, A Good Buy", Independent Energy, Sh: 52, Kışım 1989.

EK 1. RÜZGAR TÜRBİNLERİ TIPLERİ VE ÇALIŞMA ŞEKİLLERİ

(SAVONIUS) 1931	(KLEMIN) 1925	MODERN FLEMMELI	HOLLANDA TIPI	DIKEY TIPI
				
				
DIKEY AKS ($D_p + L_p - (D_r + L_r) = Q$)	DIKEY AKS ($D_p + L_p - (D_r + L_r) = Q$)	YATAY AKS LI RÜZGAR TÜRBİNLERİ		
				
• Yatay eksenli • 1/4 burçlu • 1/2 burçlu	• Yatay eksenli • 1/4 burçlu • 1/2 burçlu	• Yatay eksenli • 1/4 burçlu • 1/2 burçlu • 3/4 burçlu • 1 burçlu • 1/2 burçlu • 1/4 burçlu • 1/2 burçlu • 3/4 burçlu • 1 burçlu	• Yatay eksenli • 1/4 burçlu • 1/2 burçlu • 3/4 burçlu • 1 burçlu	• Yatay eksenli • 1/4 burçlu • 1/2 burçlu • 3/4 burçlu • 1 burçlu
"GELIBOLU" 1980 HÜSULU	"FREE-WING" RÜZGAR ENERJİ KANAT SİSTEMİ	GİRİMLİ VE SAVONIUS KOMBİNEZİYONU (B-E)	GİRİMLİ-CYKLOGISO	(DARRIEUS) 1931
				
				
DIKEY AKS ($D_p + L_p - (D_r + L_r) = Q$)	DIKEY AKS ($D_p + L_p - (D_r + L_r) = Q$)	DIKEY AKS ($D_p + L_p - (D_r + L_r) = Q$)	DIKEY AKS ($D_p + L_p - (D_r + L_r) = Q$)	DIKEY AKS ($D_p + L_p - (D_r + L_r) = Q$)
				
• Yatay eksenli • 1/4 burçlu • 1/2 burçlu • 3/4 burçlu • 1 burçlu	• Rüzgar kanatlı • Yatay eksenli • 1/4 burçlu • 1/2 burçlu • 3/4 burçlu • 1 burçlu	• Rüzgar kanatlı • Yatay eksenli • 1/4 burçlu • 1/2 burçlu • 3/4 burçlu • 1 burçlu	• Yatay eksenli • 1/4 burçlu • 1/2 burçlu • 3/4 burçlu • 1 burçlu	• Yatay eksenli • 1/4 burçlu • 1/2 burçlu • 3/4 burçlu • 1 burçlu

RAPOR

GİRİŞ

Sayın Yavuz Ali Şener tarafından getirilen sabit ve döner kanatçıklardan meydana gelen 20.4.1990 - 25469 numaralı patenti haiz Rüzgar Enerjisi Jeneratörü ODTÜ Havacılık Mühendisliği Bölümü Büyük Rüzgar Tüneli fanları mansabında açık jet şartları altında güç ve verimlilik ölçümü için ön-denemeye tabi tutulmuştur. Bu rapor yapılan ön çalışma ve sonuçlarını içermektedir.

Jeneratör Sayın Şener tarafından Üniversite dışında imal edilmiş olup, Bölümce yapılan iş yalnızca deney ve ölçümleri gerçekleştirmek olmuştur. TÜBİTAK tarafından MAG 818 (MİSAK - 7) proje kod numarası ile desteklenen bu projeye TÜBİTAK'ca ayrılan para jeneratörün imalatına sarf edildiği için, yapılan deneylerden herhangi bir nam altında ücret talep edilmemiştir.

Deneyler ön-deney (Proof of concept) seviyesinde yapılarak, önce jeneratörün ne ölçüde ümit verdiği suali araştırılmıştır. Bu çalışmaya göre eğer jeneratör üzerinde ciddi geliştirme ihtiyaç ve gereği görülürse, teorik ve deneysel olmak üzere esas AR-GE çalışmasının başlatılması ve kapsamlı destek istenmesi ön görülmüştür.

DENEYLER

1.40 x 0.72 m lik rüzgar'a maruz alana sahip ve şekil 1 de fotoğrafı görülen Rüzgar Enerjisi Jeneratörü, ODTÜ Havacılık Mühendisliği Bölümü Büyük rüzgar tünelinin iki adet 2 m çapındaki fanlarından bir tanesinin 5.5 m

C.Ş.

